ЦКТИ-ВИБРОСЕЙСМ

ИНЖИНИРИНГ ПРОЧНОСТЬ ВИБРОЗАЩИТА И СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ

CKTI-VIBROSEISM

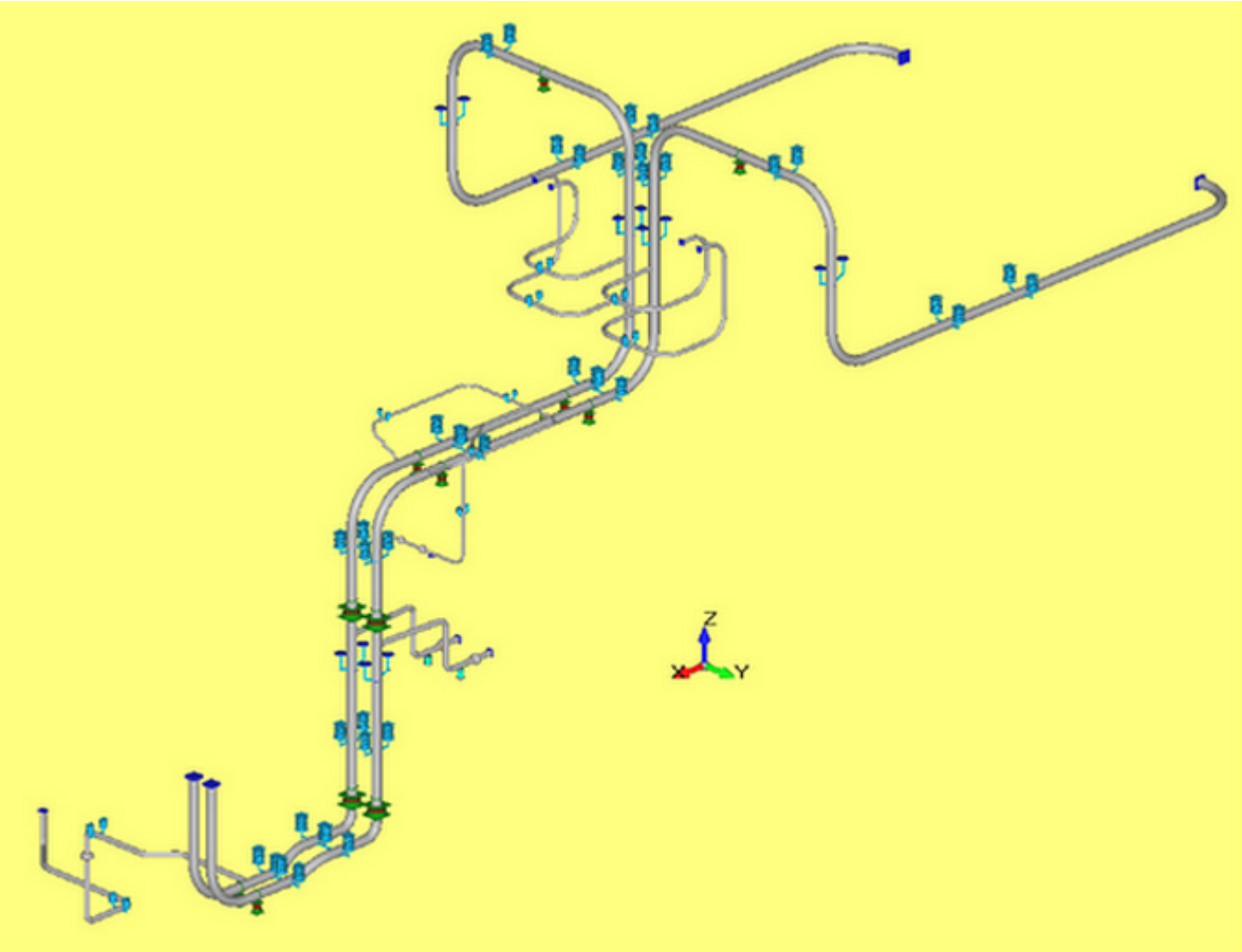
A STRUCTURAL-MECHANICAL CONSULTING ENGINEERING FIRM

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

dPIPE 5

Инструкция пользователя

Версия 5.2.8



С. Петербург

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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 ... 25
4 Копирование, вставка, изменение и удаление участков трубопроводов ... 28
5 Панели инструментов ... 31
Основная панель ... 33
Панель "трубопровод" ... 33
Таблицы с основными данными ... 34
Выполнение расчета ... 34
Дополнительные данные ... 35
Работа с графическим окном программы ... 36
Графический ввод ... 37
6 Сводка горячих клавиш ... 37
7 Команды меню ... 39
Файл ... 40
Создать PCF ... 40
Архивировать проект ... 41
Правка ... 42
Вид ... 42
Сервис ... 44
Групповые операции над опорами ... 46
Внешние программы ... 48

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Interface Language/Язык интерфейса ... 50
Опции и настройки ... 50
Файлы ... 50
Отчеты ... 52
Шаблоны ... 52
Опоры ... 53
Распечатки результатов ... 54
Трубопроводная арматура ... 55
Трубы малого диаметра ... 56
Контрольные параметры ... 57
Основные ... 57
Динамические ... 59
Нормы расчета ... 60
Подвески и опоры ... 62
Задания ... 63
Усталостная прочность ... 63
Места разрывов ВЭ тр-в ... 65
Экспорт в LICAD ... 66
Графика ... 67
Расчет ... 68
Утилиты ... 69
Основные данные ... 70
Дополнительные данные ... 78
Помощь ... 80

Часть VIII Язык ввода исходных данных 81

1 Общие команды ... 83
Вставка данных из другого файла (INCLUDE) ... 84
Заголовок расчета (TITLE) ... 84
Контрольные параметры (CTRL) ... 85
Кривые циклической прочности (FAT) ... 99
Кривые для расчета высокотемпературных трубопроводов (CREEP) ... 100
Материалы (MAT) ... 102
Характеристики сечений труб (PIPE) ... 107
Характеристики балочных сечений (BEAM) ... 115
Режимы работы трубопровода (OPVAL) ... 118
Напряжения от перепада темп. по толщине стенки и эффекта стратификации (GRAD) ... 120
концентрация кислорода в водной среде (ENVFAT) ... 122
Данные для пружинных опор (SDEF) ... 123
Сейсмические спектры ответа (SPEC) ... 125
Акселерограммы сейсмического воздействия (ACCE) ... 127
Задание на расчет (SOLV) ... 129
Задание на выполнение динамических расчетов (DCASE) ... 133
Задание на постпроцессорную обработку (POST) ... 138
Задание на расчет усталостной прочности (FATG) ... 143
Задание для опр-ния мест постул. разрывов ВЭ тр-дов (POST_HELB) ... 147
Задание на формирование отчета (POST_REP) ... 149
Спецификация для набора допускаемых нагрузок на опоры (SUP_LOADS) ... 155
Экспорт нагрузок на опоры трубопровода в LICAD (DP2LCD) ... 157
Управление подключаемыми базами данных (DBF) ... 159
Конец исходных данных (END_OF_DATA) ... 161
2 Локальные команды ... 161
Инициализационные команды ... 165
Начало ветви (F) ... 166
Прямая труба (P) ... 167
Отвод-1 (B) ... 169
Отвод-2 (B) ... 172

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Секторное колено (MTR) ... 173
Переход (R) ... 176
Арматура (V) ... 178
"Половинка" клапана (команды V1, V2) ... 182
Угловой клапан (VA) ... 185
Клапан со смещением (VO) ... 191
Трехходовой клапан (V3W) ... 197
Компенсатор (EJ) ... 202
Осевой компенсатор (EA) ... 207
Сдвиговой компенсатор (ET) ... 210
Шарнирный компенсатор (EH) ... 212
Карданный компенсатор (EG) ... 215
Жесткая связь (RX/RP) ... 217
Упругий элемент (FJ) ... 219
Монтажная растяжка (CS) ... 221
Балка (S) ... 222
Координаты узла (POS) ... 224
Тройник (TEE) ... 228
"Стандартный" тройник (TEE) ... 233
Коэффициенты интенсификации напряжений ... 234
Сварной шов (WLD) ... 236
Сосредоточенный вес (CW) ... 238
Сосредоточенные нагрузки (FOR) ... 239
Анкерная опора (ANC) ... 242
Шестикомпонентная опора (SUP) ... 248
Линейная однокомпонентная опора (STS) ... 253
Угловая однокомпонентная опора (SRS) ... 256
Линейная односторонняя однокомпонентная опора (команды STS+, STS-) ... 260
Направляющая опора (STG, STG-) ... 264
Пружинная подвеска/опора (SPR) ... 267
Жесткая подвеска (ROD) ... 272
Жесткий стержень (STRT) ... 276
Демпфер (DMP) ... 280
Динамический амортизатор (SNUB) ... 287
Динамический упор с зазорами (DGAP) ... 292
Сосредоточенная динамическая сила (DFRC) ... 295
Вывод временных зависимостей/Указатель перемещений (TH_OUT) ... 297
Дополнительные температурные напряжения (STR_DISC) ... 300

Часть IX Литература 302

Часть X Приложение I 303

Часть XI Приложение II 304

Часть XII Приложение III 308

Часть XIII Приложение IV 311

Часть XIV Приложение V 313

1 Расчеты по Нормам ПНАЭ ... 313
2 Расчеты по Котельным Нормам ... 319

Часть XV Приложение VI 322

1 Основные определения ... 323

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

2 Выполнение расчета, ошибки и предупреждения ... 325
3 Результаты расчета ... 330
4 Структура файла SH.DBS ... 333
5 Выбор пружин из каталога "LISEGA" ... 335

Часть XVI Приложение VII 339

Часть XVII Приложение VIII 340

Часть XVIII Приложение IX 342

Часть XIX Приложение X 343

Часть XX Приложение XI 347

1 NC_3600 ... 347
2 NB_3600 ... 350

Часть XXI Приложение XII 353

Часть XXII Приложение XIII 361

Часть XXIII Приложение XIV 363

Часть XXIV Приложение XV 365

Часть XXV Приложение XVI 368

Часть XXVI Приложение XVII 373

Часть XXVII Приложение XVIII 377

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

1 Список сокращений

АОО	Anticipated Operational Occurrence
DBA	Design Basis Accident
OBE	Operational Basis Earthquake
SSE	Safe Shutdown Earthquake
ВЭ	Высокоэнергетические (трубопроводы)
ГИ	Гидравлические испытания
МРЗ	Максимальное расчетное землетрясение
ННУЭ	Нарушение нормальных условий эксплуатации
ННЭ	Нарушение нормальной эксплуатации
НУЭ	Нормальные условия эксплуатации
НЭ	Нормальная эксплуатация
ПЗ	Проектное землетрясение
ПНАЭ	Правила и Нормы в Атомной Энергетике
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;

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

- 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 ИД
DP5S.EXE	Основная расчетная программа комплекса. Осуществляет формирование матрицы жесткости РМТ 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 РМТ.
POST.EXE	Постпроцессор. Вывод на печать результатов расчета и проверка условий прочности в соответствии с заданными нормами.
Pipe3DV.EXE	Просмотр РМТ и результатов расчета в графическом виде
WORKPAD.EXE	Текстовый редактор для редактирования ИД и просмотра распечаток
Pipe3DV.CHM	Файл – справка для программы Pipe3DV
DDE.EXE	Электронная таблица для ввода ИД
dPIPE_5.CHM	Файл – справка для программы dPIPE 5
Рабочие библиотеки и вспомогательные программы к электронной таблице DDE:	
DATALIB.DLL	
DATALIB.NET.DLL	
DATALIB.NET.RESOURCES.DLL	
GYMFCEXT.DLL	

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

HASP.DLL	
PL.DLL	
PLDRAW.DLL	
REGISTRY.DLL	
RES.DLL	
SERIALIZE.DLL	
SETUP_RES.DLL	
SPAWNER.EXE	
Файлы с базами данных и вспомогательной информацией:	
FMT_PRE.DBS	Файл с настройками для печати таблиц листинга ИД (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 ИД (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 Приложение VI)
DMP.DBS	Файл с базой данных по характеристикам высоковязких демпферов.
BEAM.DBS	Файл с базой данных по свойствам сечений для балочных элементов.
PIPE.DBS[1)]	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, *[REF 14]*
SUP_LDS.MDB (расположен в папке DB)	Файл формата Microsoft Access с допускаемыми нагрузками на опоры трубопроводов, см. Приложение XII 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
Папка UTILS:	
R2DP_N.EXE, R90_2_DP5.EXE, R93_2_DP5.EXE[2)]	Программы – конвертор ИД из формата РАМПА в формат dPIPE 5.

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

DP2DP5.EXE[3)]	Программа – конвертор ИД 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.	

1) 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"

2) 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";

3) 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, использующейся 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 РМТ 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 1)	Распечатка исходных данных	DP_LIST	Пользователь	ASCII
NAME.RES 1)	Распечатка результатов расчета	POST	Пользователь	ASCII

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

NAME.SUP [1)]	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

[1)] 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, pre_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

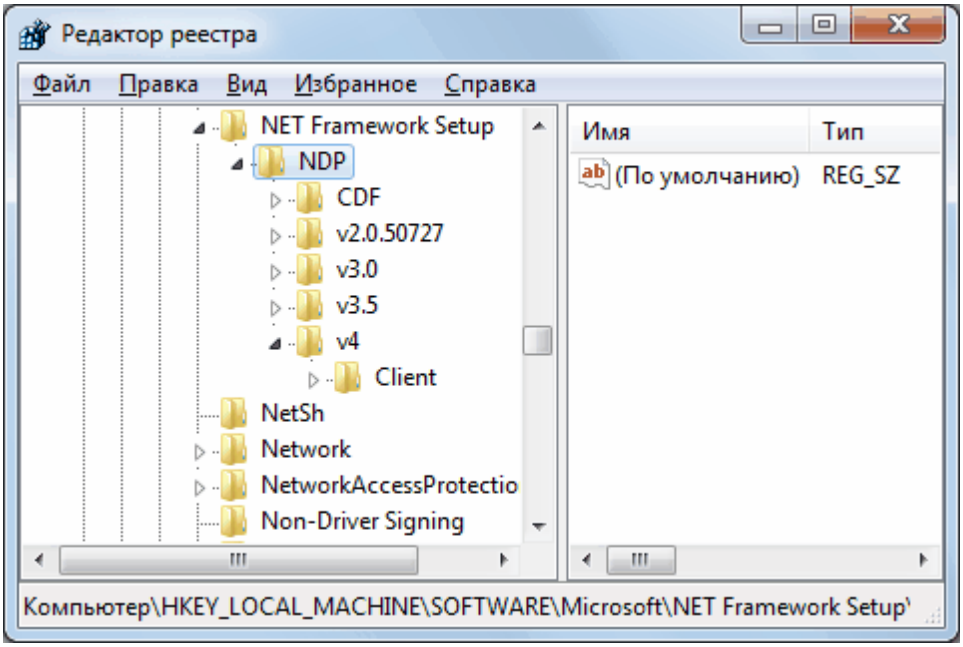
5 Установка программного комплекса

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[1)]. 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 отсутсвует, 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:

[1)] 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.

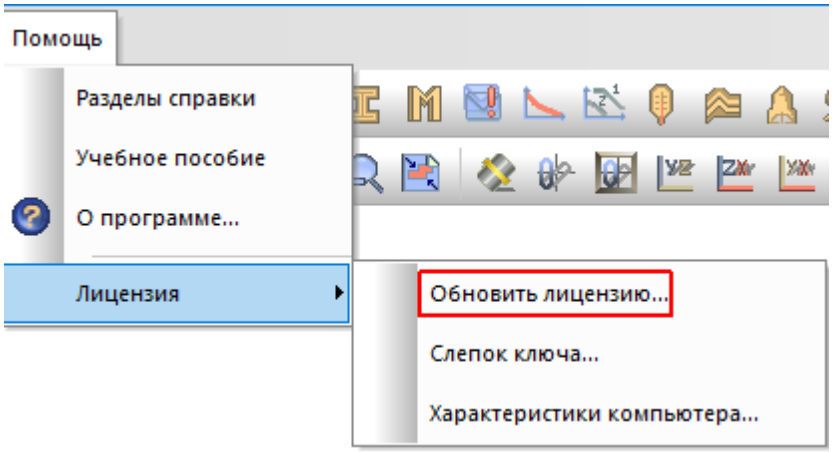
Вниманию системных администраторов:

После установки менеджера лицензий с помощью Sentinel Admin Control Center (http://localhost:1947) можно получить информацию и доступ к управлению к ключам 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

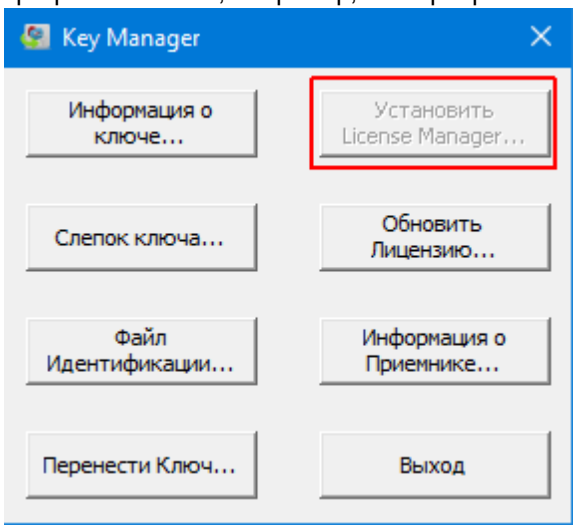
Аппаратный пользовательский ключ Sentinel HL Pro DL

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…»:



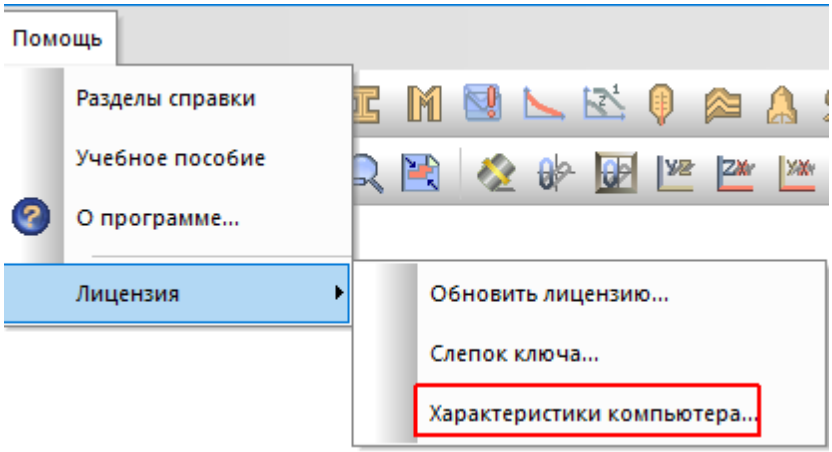
Аппаратный сетевой ключ HL-NET

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.

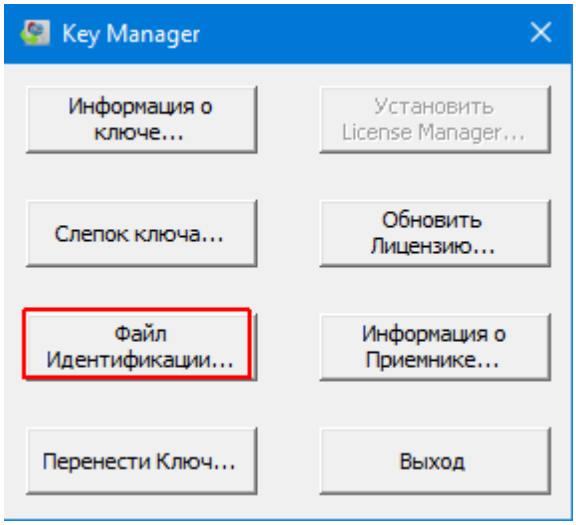


В ответ Разработчик присылает файл *.v2c, который позволяет активировать лицензию через пункт «Обновить лицензию». При изменении/обновлении лицензии порядок действий такой же, как и для аппаратного ключа.

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 KeyMan 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

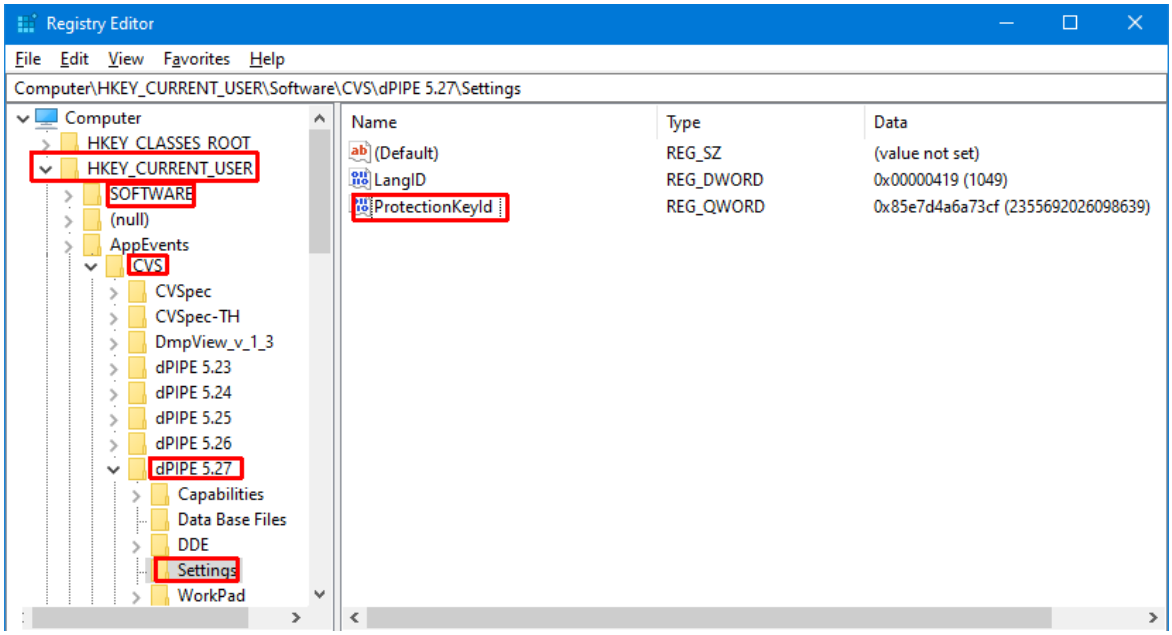
После этого этот файл следует разместить на всех клиентских компьютерах по адресу:

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:



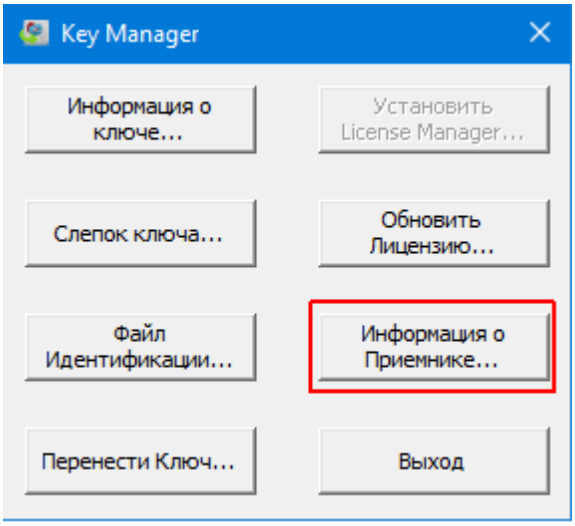
Имя приложения:
- dPIPE 5.XX – для dPIPE
- TCalc – для TCALC
- CVSpec-TH – для CVSpec-TH
- G-Frc 2.0 - для G-FRC

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**(ecipient) компьютер на который переносится ключ.

Порядок действий:

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

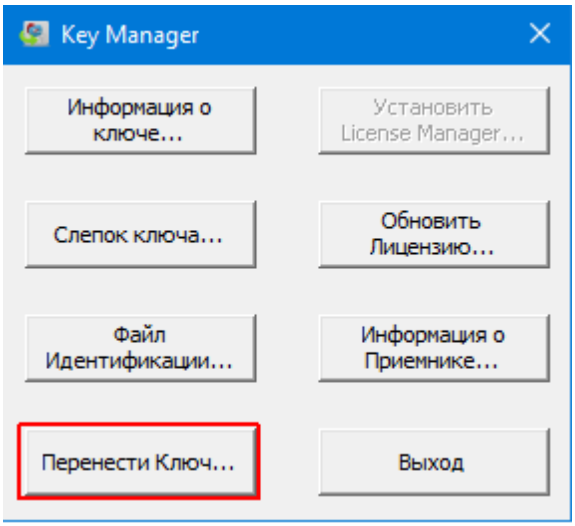


Если на компьютере не установлен Sentinel License Manager, то программа предложит его установить, так как в случае переноса сетевого ключа он должен быть установлен до получения файла с информацией.

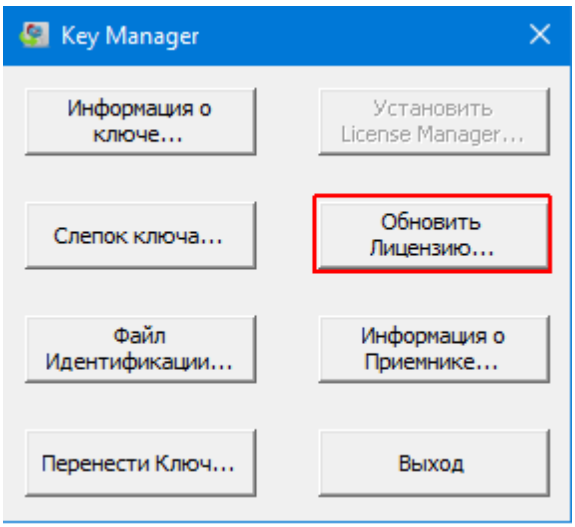
2. Полученный в п. 1 файл перенести на компьютер S. Запустить на нем программу KeyMan и нажать кнопку “Перенести Ключ” (“Rehost”):

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

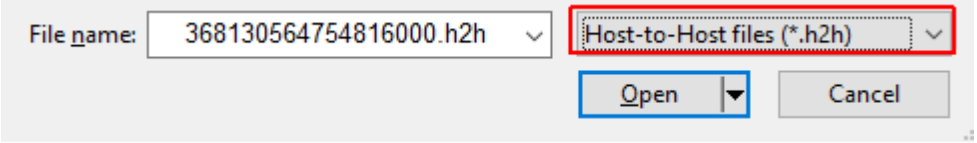
   В появившемся диалоге открыть перенесенный с компьютера R файл. Будет создан файл для переноса ключа с именем “НомерКлюча.h2h” и ключ будет удален с компьютера S. Файл нужно сохранить с помощью появившегося диалога.



3. 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!

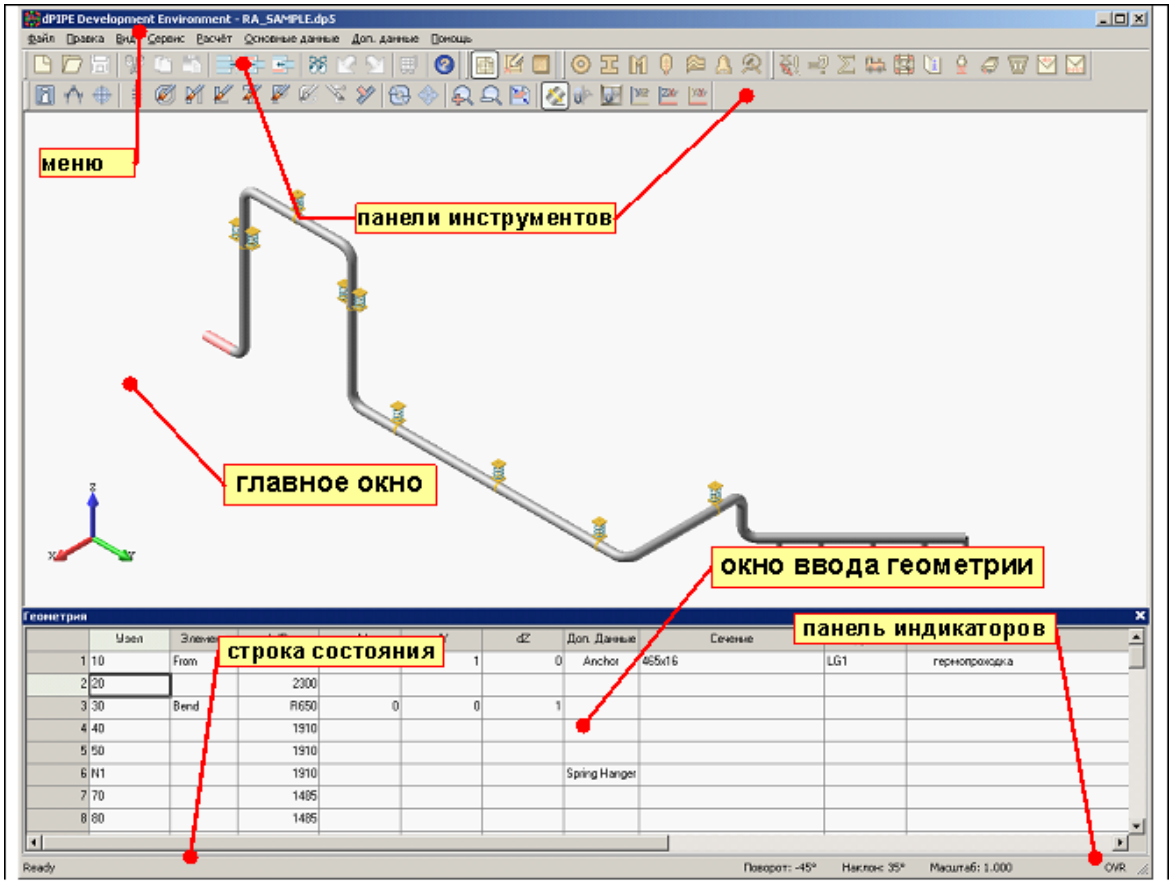
Перед выполнение каких-либо действий по переносу ключа необходимо убедиться, что на обоих ПК установлена одинаковая версия License Manager, и в случае необходимости обновить драйвер. Это можно сделать с помощью программы KeyMan, входящей в поставку dPIPE (папка Sentinel).

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

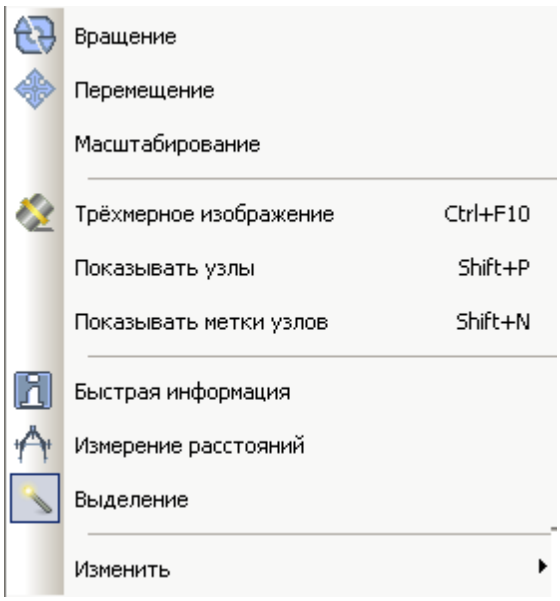
Таблица DDE осуществляет интерфейс между вводом ***исходных данных (ИД)***, запуском на расчет и просмотром результатов программы dPIPE 5. Ввод ИД возможен в двух режимах: активном – с динамической трассировкой и отображением набираемого трубопровода и в пассивном – без трассировки и проверки синтаксиса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

Интерфейс таблицы



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:



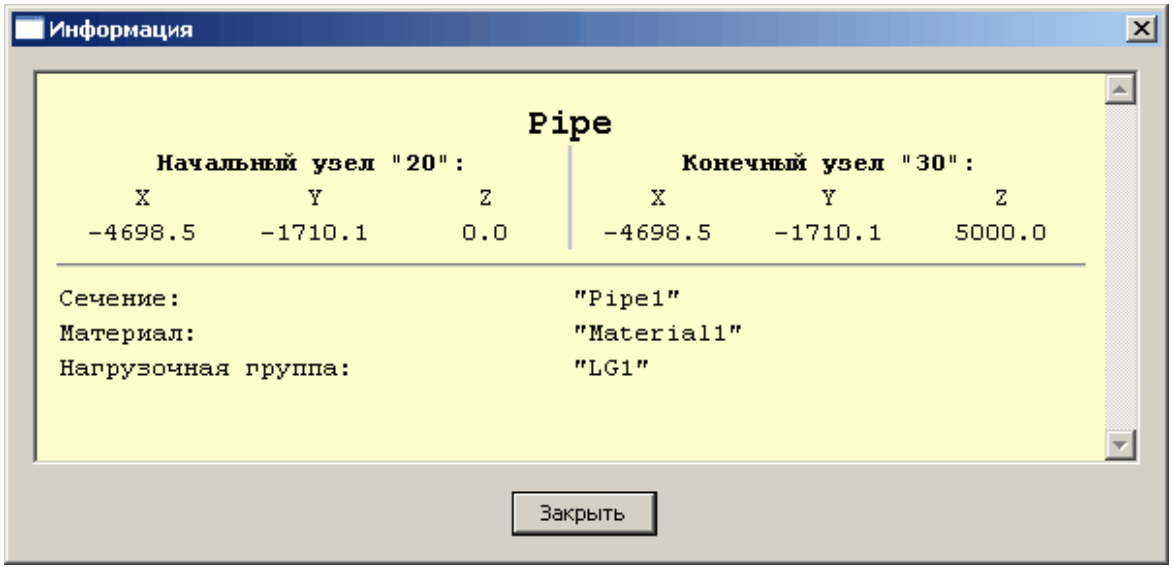
Вращение ( ): поворот модели при помощи мыши с нажатой левой клавишей;

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);

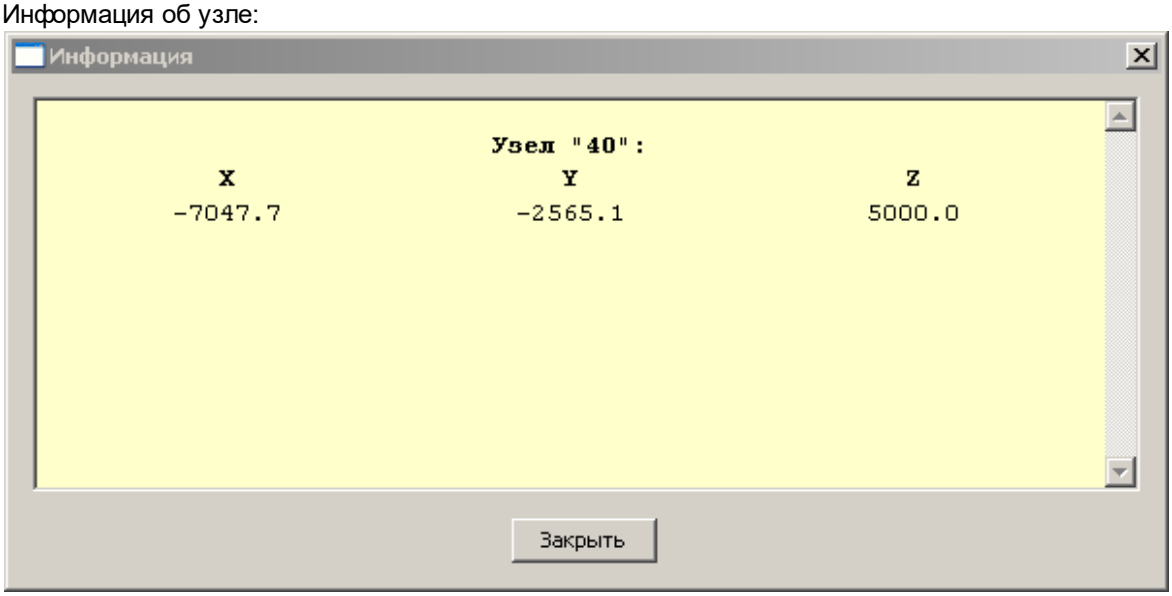
Трехмерное изображение ( ): перевод модели из ниточной в объемную (CTRL-F10);
Показывать узлы: включение обозначений узлов расчетной модели (Shft-P);
Показывать метки узлов: включение отображения меток узлов расчетной модели (Shft-N);

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

Информация об элементе:



Информация об узле:



Измерение расстояний (): режим, позволяющий измерить расстояние между двумя любыми узлами расчетной модели.

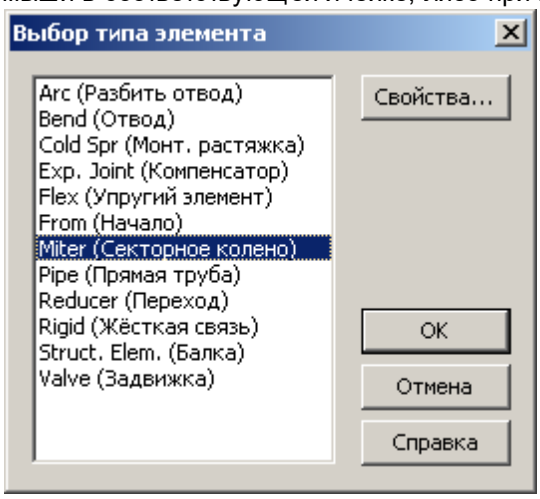
Измерение угла (): режим, позволяющий измерить угол между двумя прямолинейными элементами

Выделить (): режим, позволяющий выделить часть модели для последующих операций по копированию, вставке, изменению и удалению выбранных участков трубопроводов (см. раздел "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;

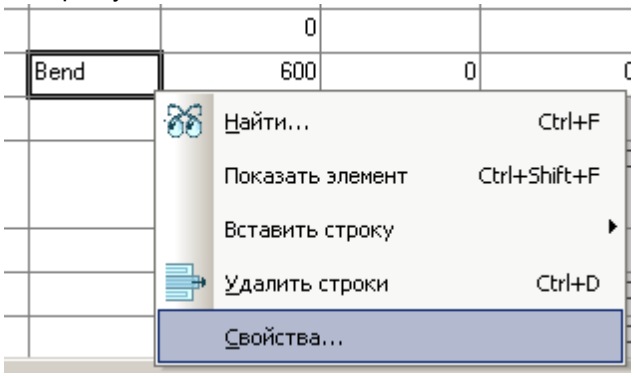
Элемент – тип элемента; выбор типа элемента осуществляется либо при двойном щелчке мыши в соответствующей ячейке, либо при нажатии клавиши F2:



Типы элементов в меню связаны с командами dPIPE следующим образом:

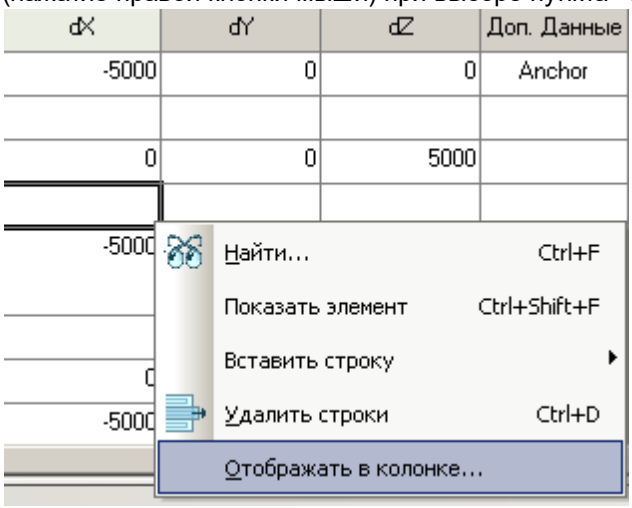
Меню	Описание	Команды
Arc	команда для разбиения отвода	BEND (2)
Bend	отвод-1	BEND (1)
Cold Spr.	монтажная растяжка	CS
Exp. Joint	компенсатор	EJ, EA, ET, EH, EG
Flex	упругий элемент	FJ
From	начало ветви	FROM
Miter	секторное колено	MTR
Pipe	прямая труба	PIPE
Reducer	переход	REDU
Rigid	жесткая связь	RX,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

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

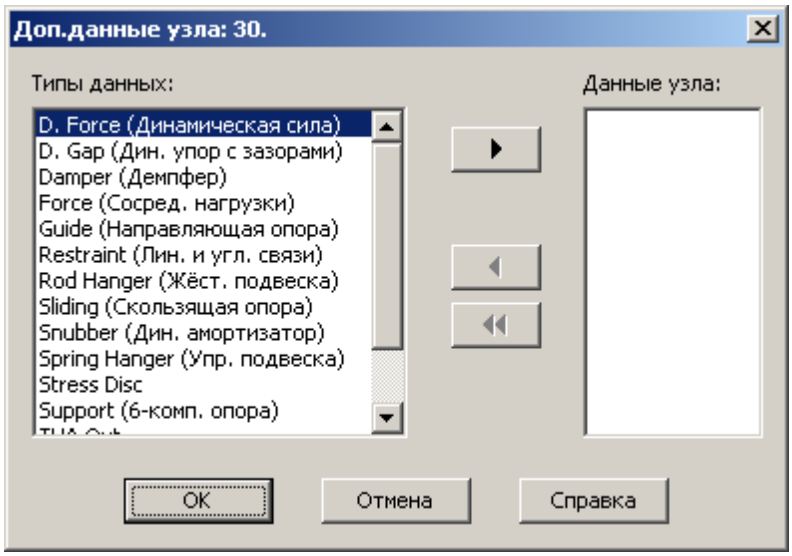


L/R – длина элемента/радиус отвода;

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***:



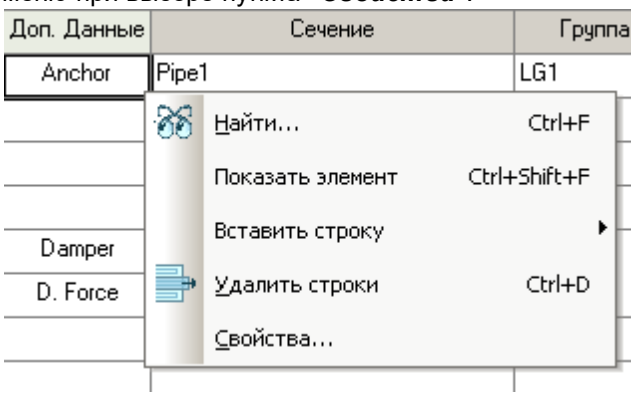
Типы дополнительных данных в появившемся диалоге связаны с командами dPIPE следующим образом:

Диалог	**Описание**	**Команды**
Anchor	анкерная опора	ANC
D. Force	сосредоточенная динамическая сила	DFRC
D. Gap	динамический упор с зазором	DGAP
Damper	демпфер	DMP
Force	сосредоточенные нагрузки	FOR

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Guide	направляющая опора	STG, STG-
Restraint	линейные и угловые опоры	STS, SRS, STS+/-
Rigid Strut	жесткий стержень	STRT
Rod Hanger	жесткая подвеска	ROD
Sliding	скользящая опора	STZ,STZ-
Snubber	динамический амортизатор	SNUB
Spring Hanger	упругая подвеска/опора	SPR
Stress Disc.	дополнительные температурные напряжения	STR_DISC
Support	6-компонентная опора	SUP
TEE	тройник	TEE
THA Out	вывод ответных временных зависимостей/индикатор перемещений	TH_OUT
Weight	сосредоточенный вес	CW
Weld	сварной шов	WLD

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



или по двойному щелчку в окне дополнительных данных.

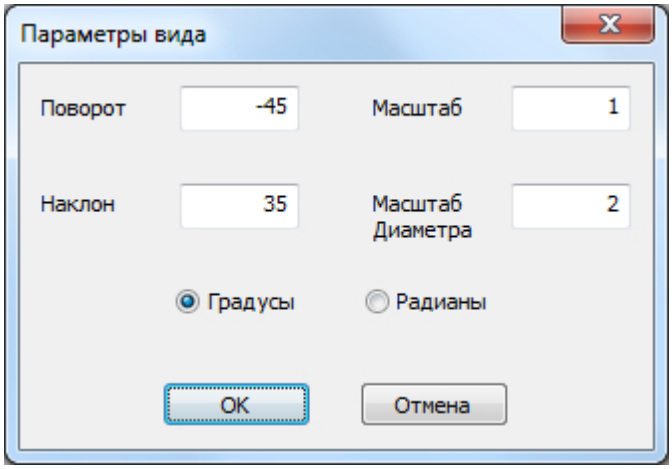
Сечение – имя поперечного сечения трубопровода (команда PIPE), либо имя сечения для балочного элемента (команда BEAM); Выбор сечения осуществляется при нажатии клавиши ***F2*** в соответствующей ячейке или по 2-ному щелчку левой кнопки мыши.

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.

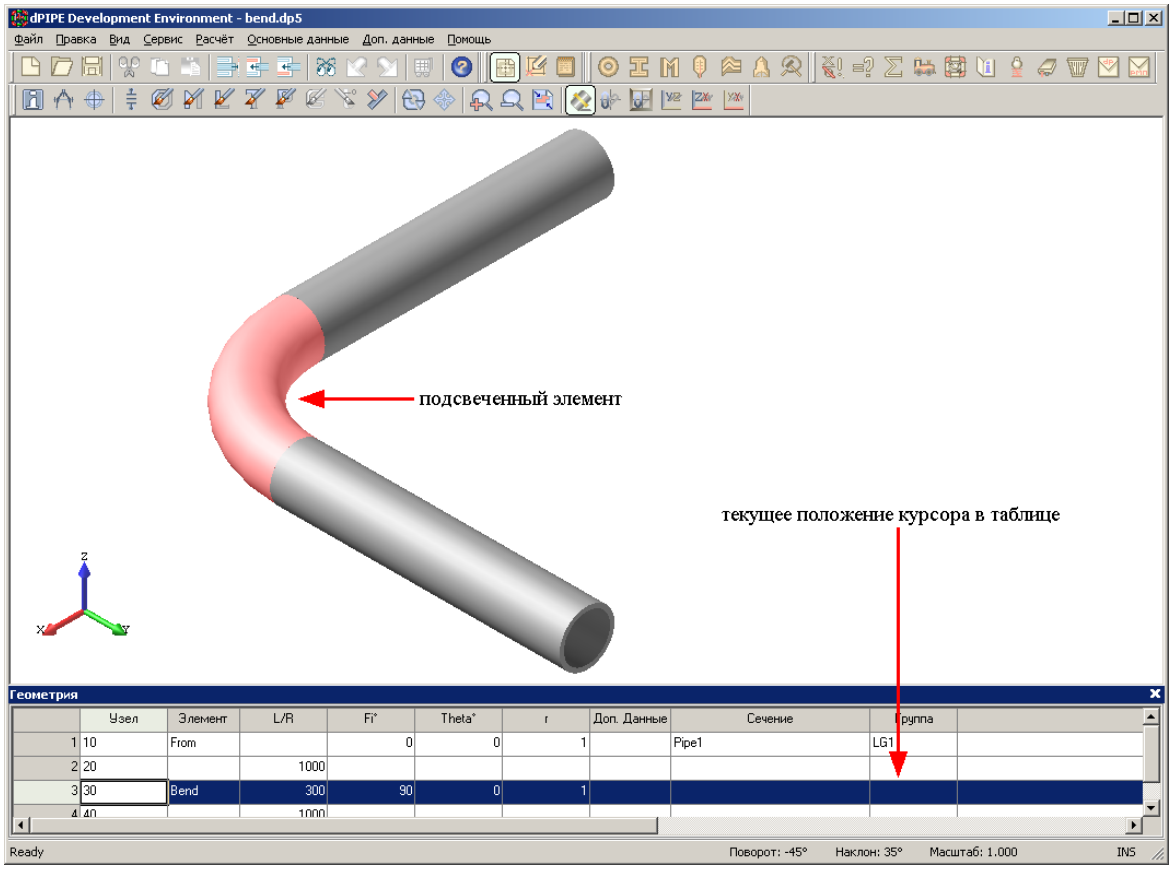
Панель индикаторов отображает статус клавиатуры: заглавные буквы (CAPS), режим вставки (INS), режим ввода цифр (NUM), а также параметры текущего вида в главном окне программы. При двойном щелчке мыши по панели индикаторов появляется диалог, позволяющий задать желаемые параметры + изменить относительный 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:

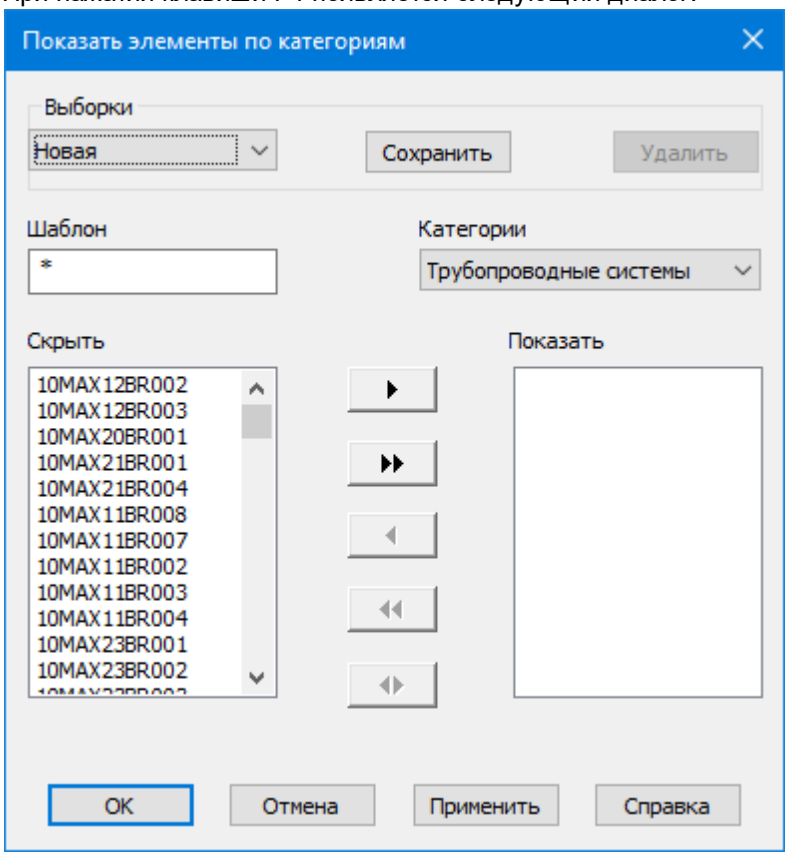


Частота мерцания регулируется в закладке "графика", в поле "Частота мигания текущего элемента".

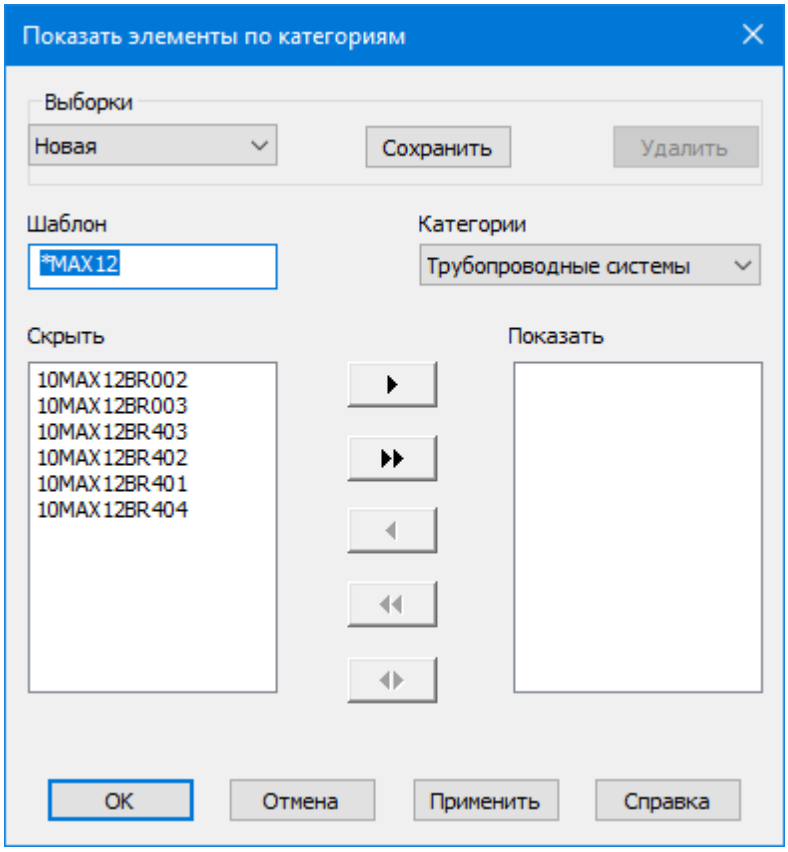
2. если на экране отображается лишь часть модели, то при навигации по строкам таблицы происходит синхронизация между текущим положением курсора в таблице и отображаемым участком расчетной модели. Эту опцию можно отключить, сняв соответствующую галочку в закладке "графика" (флажок "Автопозиционирование при навигации в таблице");
3. при одновременном нажатии клавиши "Shift" и двойном щелчке левой клавиши мыши по элементу в графическом окне происходит переход из графического окна на соответствующую строку таблицы;
4. при двойном щелчке мыши по элементу или символу опоры в графическом окне вызывается соответствующий диалог свойств этого элемента или опоры.

Режим частичного отображения расчетной модели

При нажатии клавиши F4 появляется следующий диалог:



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

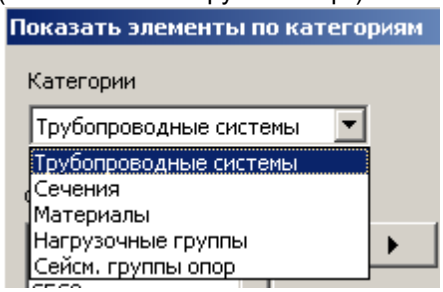


Выбранную для отображения часть расчетной модели можно сохранить под произвольным именем и обращаться к ней как в течение текущего сеанса, так и в последующих сеансах работы с моделью. Информация о выбранных участках добавляется в файл *.dp5 после команды END_OF_DATA:

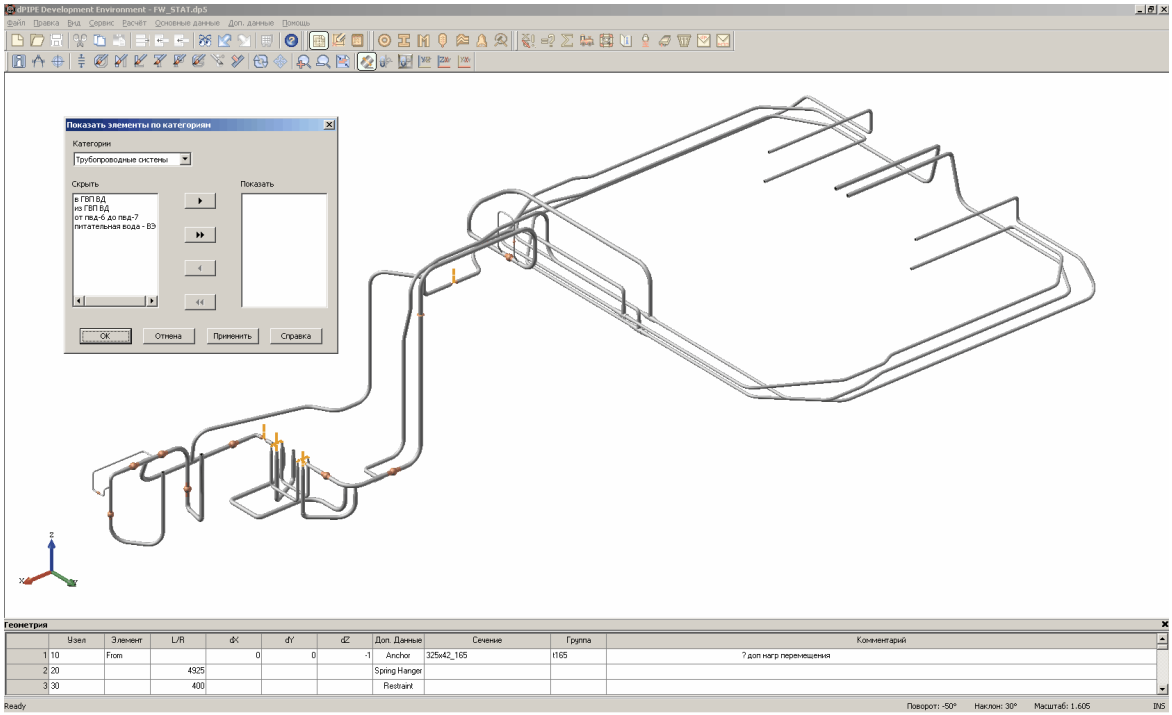
См. видеоклип

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

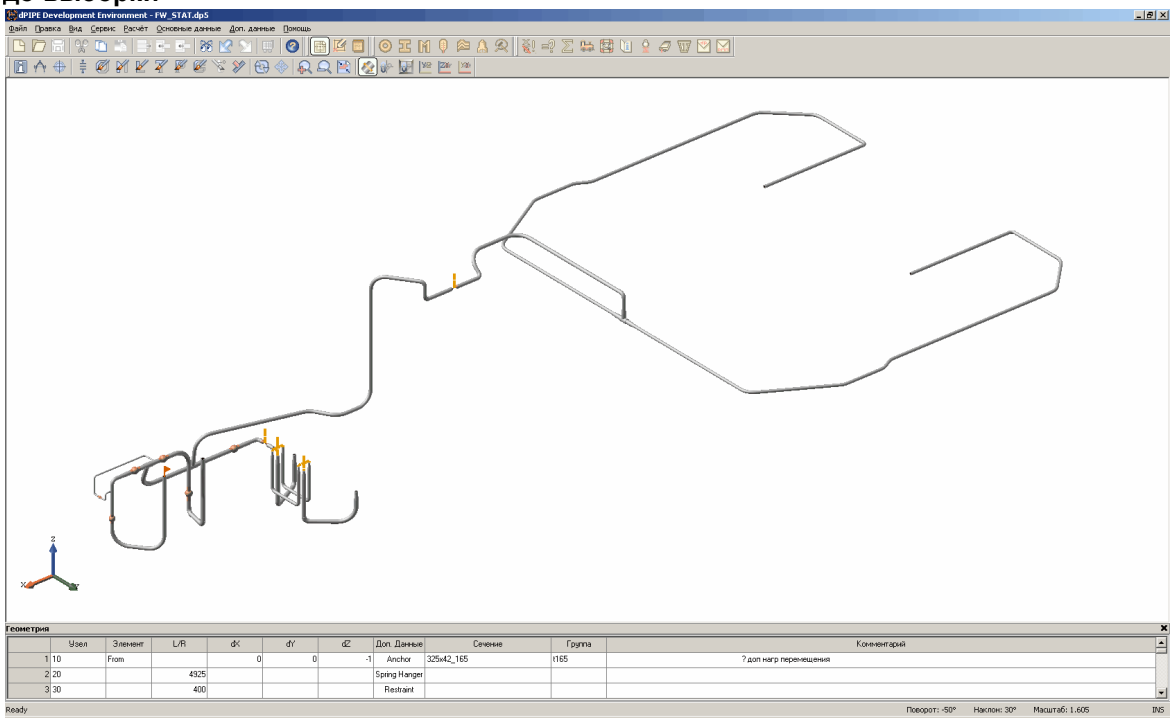
- по наименованию участка трубопровода (параметр name);
- по сечениям;
- по материалам;
- нагрузочным группам;
- по группам опор, отнесенных к тому или иному набору спектров ответа ("Сейсмические группы опор"):



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:



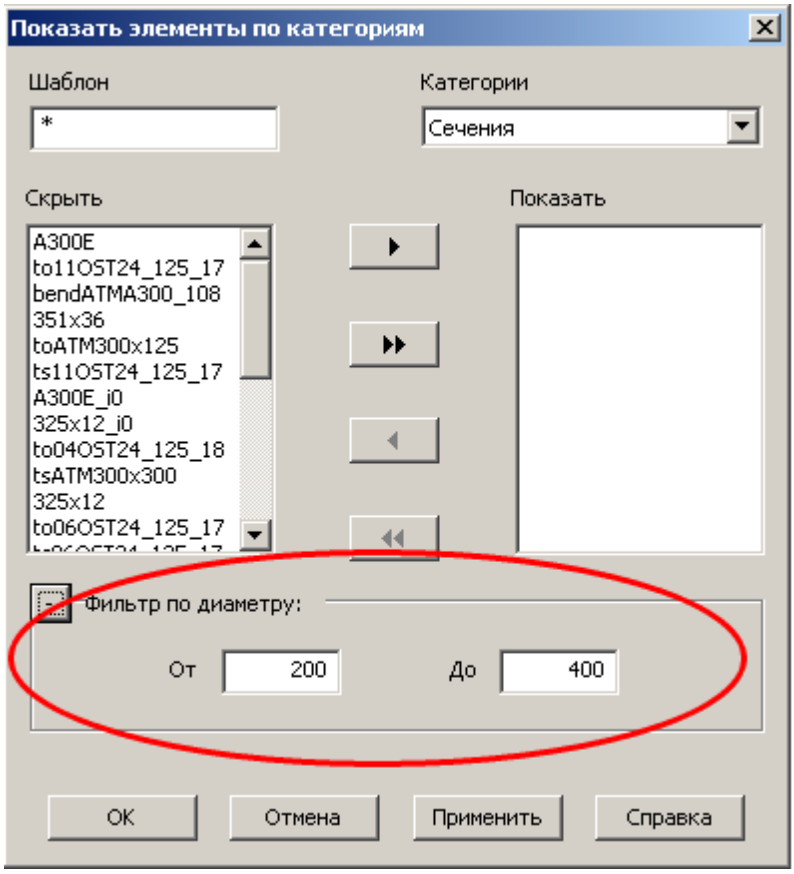
до выборки



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:



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 ***SHFT*** - 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 возобновляться.

С выбранной частью модели можно производить следующие операции:

➢ Изменять:
- имя участка;
- сечение;

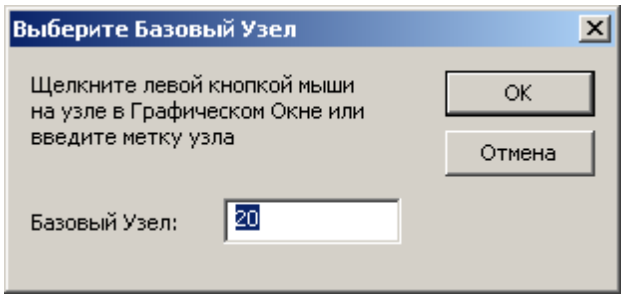
- материал;
- нагрузочную группу;

- 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)

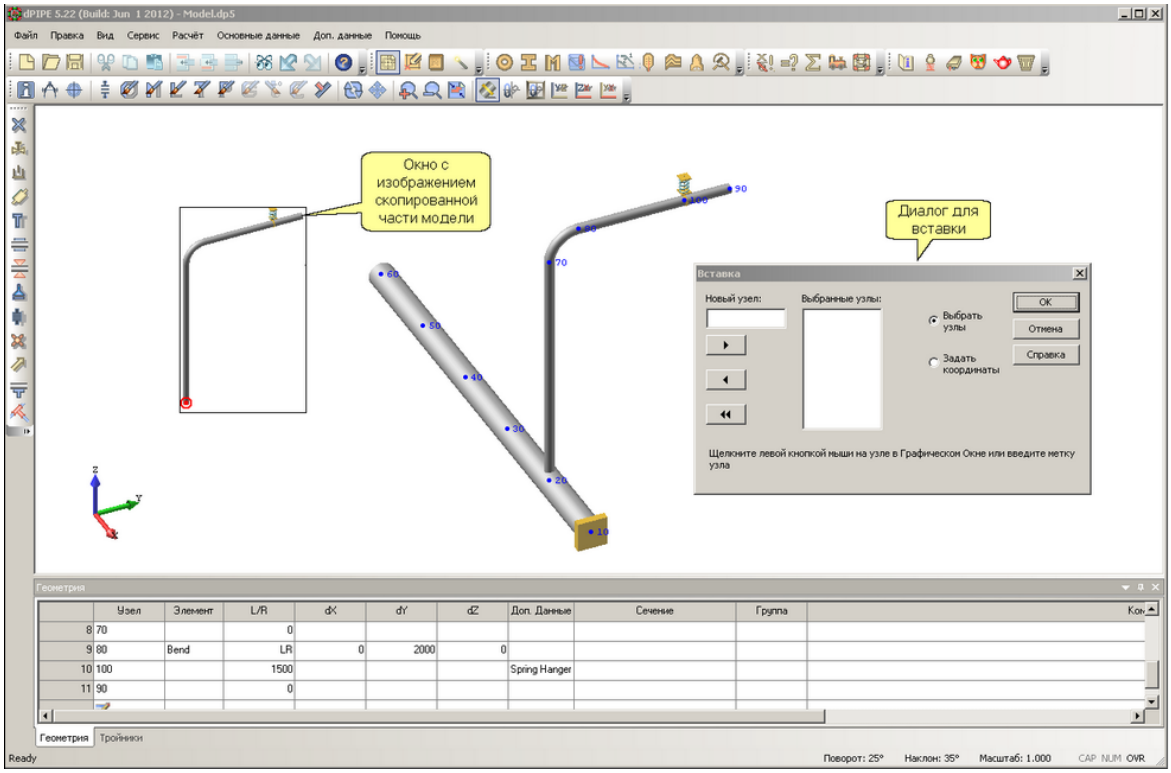
- Удалять выбранные элементы и зафиксировать модель: при этом общая геометрия остается неизменной
- Перенумеровывать узлы выбранной части модели
- Поворачивать часть модели вокруг глобальной оси Z
- Зеркально отображать выделенную часть модели относительно плоскостей XZ или YZ

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:

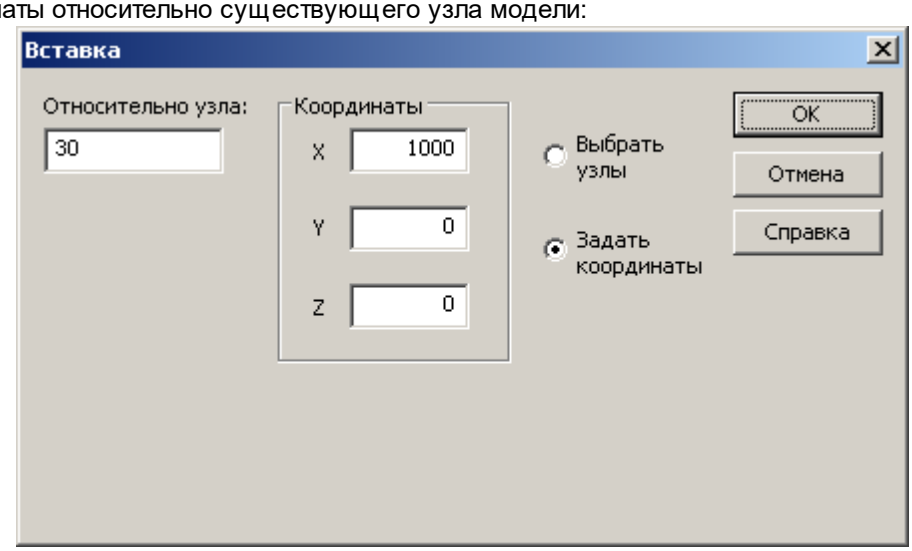


Вставка скопированного участка осуществляется с помощью комбинации клавиш CTRL-V, либо из меню Правка/вставить. При этом возникает окошко с изображением скопированной части модели и диалог для вставки:



Существует несколько способов вставки скопированного участка:

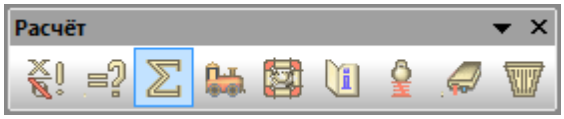
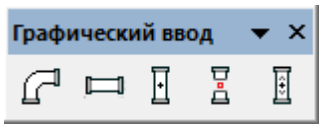
- вставить участок в существующий узел (узлы) модели: для этого нужно щелкнуть левой кнопкой мыши на нужном узле, либо напечатать метку узла в поле "новый узел". Для ввода нескольких узлов следует удерживать клавишу ***CTRL***;
- вставить участок, используя либо абсолютные координаты для базовой точки,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

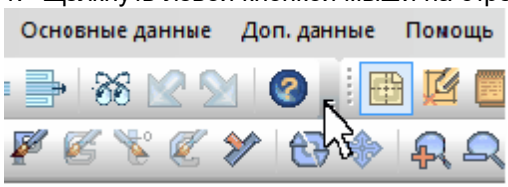
Панели инструментов

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

Панель	Отображение
Основная	
Трубопровод	
Основные данные	
Расчет	
Графика	
Дополнительные данные	
Утилиты	
Графический ввод	

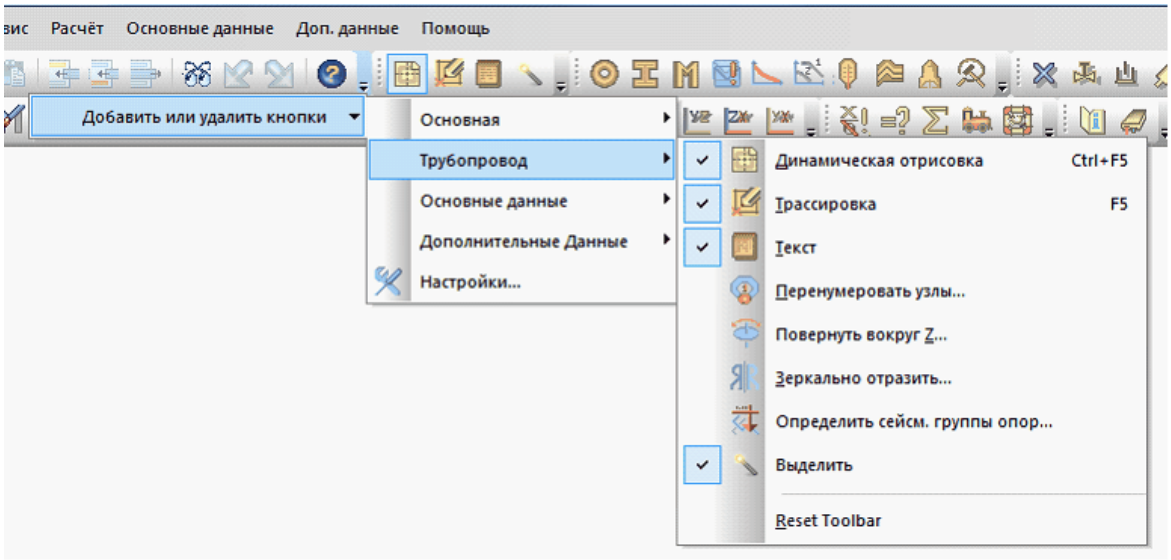
Панели Инструментов (ПИ) позволяют прятать или показывать отдельные кнопки по желанию пользователя. Например можно спрятать кнопки, которые редко используются. Для этого нужно:

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



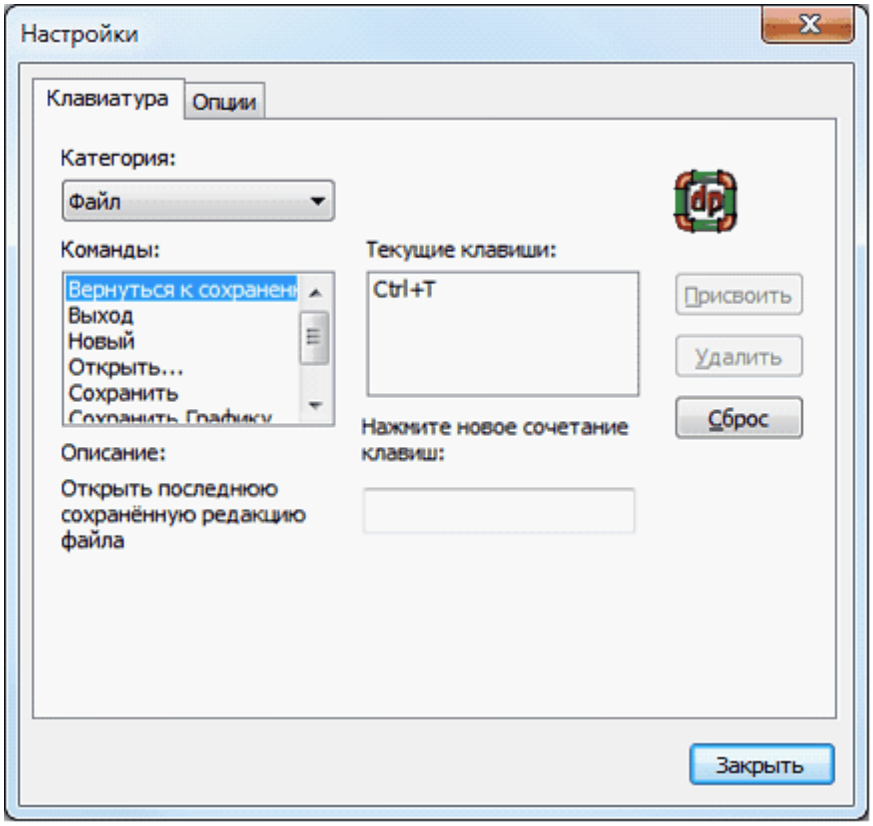
2. Навести курсор мыши на появившееся выпадающее меню «Добавить или удалить кнопки». Появится меню с именами ПИ.

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 строчки с комментариями в таблицу с геометрией	-
	Показать/спрятать комментарии 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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

	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 ИД и запуск Препроцессора	-
	Выполнение расчета	-

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

	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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Работа с графическим окном программы

Кнопка	Действие	Горячие клавиши
	быстрая информация	-
	измерение расстояний между узлами	-
	измерение угла	-
	центровка модели в окне без изменения масштаба и углов поворота	CTRL+E
	вызов диалога "параметры отображения"	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 "показать элементы по категориям"	F4
	переход в режим вращения модели	-
	переход в режим перемещения модели	-
	увеличение модели, относительно указателя мыши	-
	уменьшение 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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

	перевести модель в изометрию и показать ее целиком	CTRL+SHFT-I
	показать модель со стороны оси X	CTRL+SHFT+Z
	показать модель со стороны оси Y	CTRL+SHFT+Y
	показать модель со стороны оси Z	CTRL+SHFT+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 См. видеоклип 2
	Ввод отводов (гибов) по ветви	
	Вставить промежуточный узел	
	Разделить ветвь	См. видеоклип 3
	Переместить узел	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
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-")

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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

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

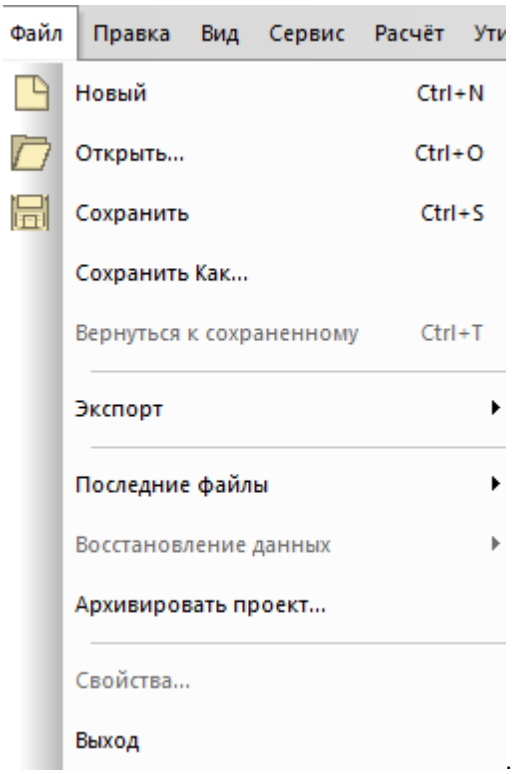
© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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.

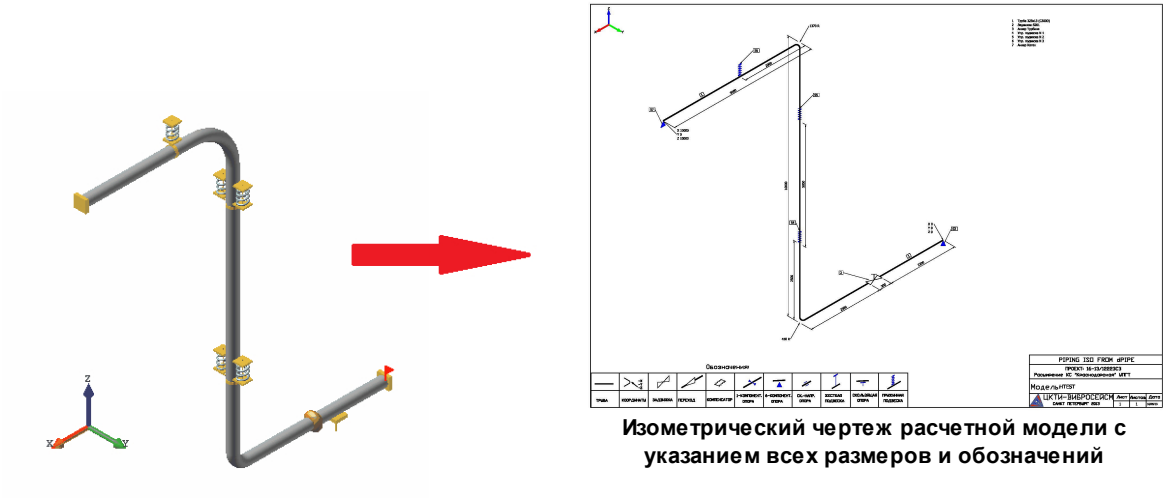


Команда «Экспорт» позволяет сохранить изображение расчетной модели в файл (Сохранить Графику), экспортировать отображаемую часть расчетной модели в формат PCF. Пункт "Архивировать проект" позволяет создать ZIP архив проекта, пункт "Свойства" содержит ссылку на полный путь файла с исходными данными *.dp5.

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.

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм



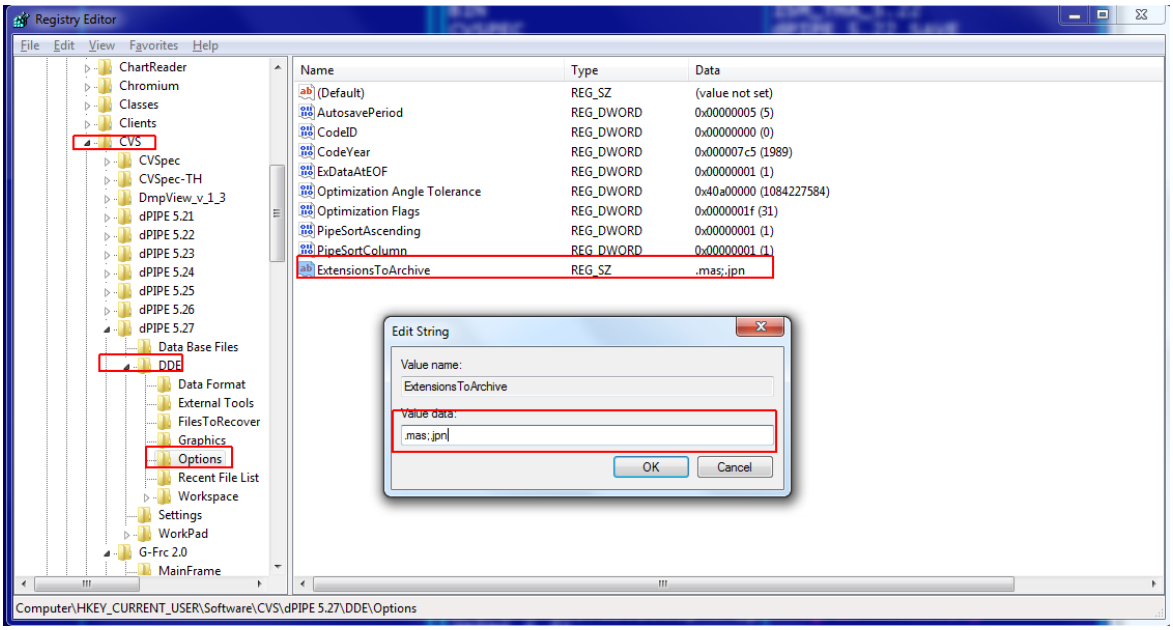
расчетная модель

Изометрический чертеж расчетной модели с указанием всех размеров и обозначений

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 предопределенным 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:

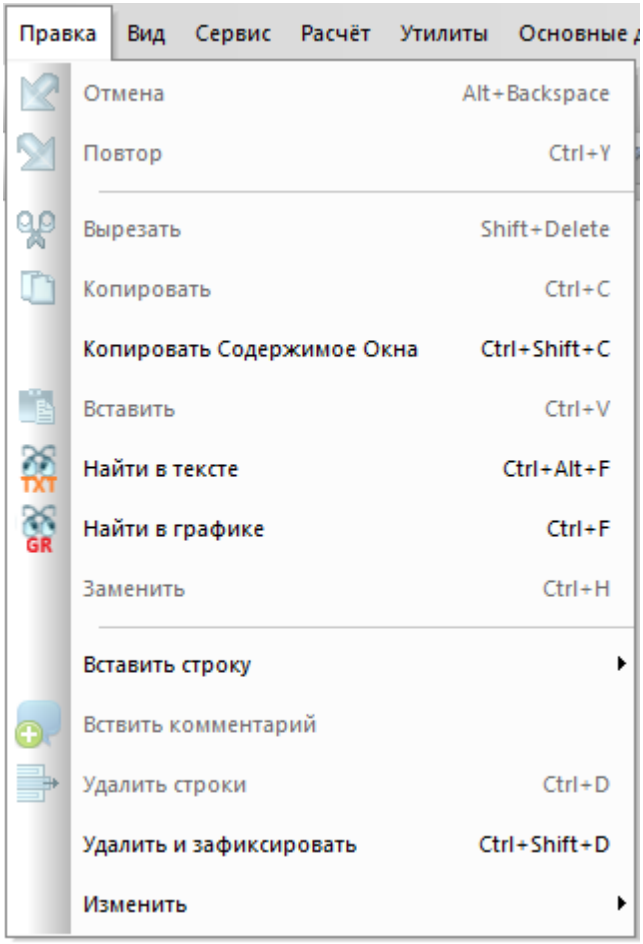


Данные ключа ExtensionsToArchive формируются по правилу: .EXT, где EXT - расширение файлов, которые нужно добавить в архив. При перечислении нескольких типов расширений в качестве разделителя используется точка с запятой “;”

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

Правка

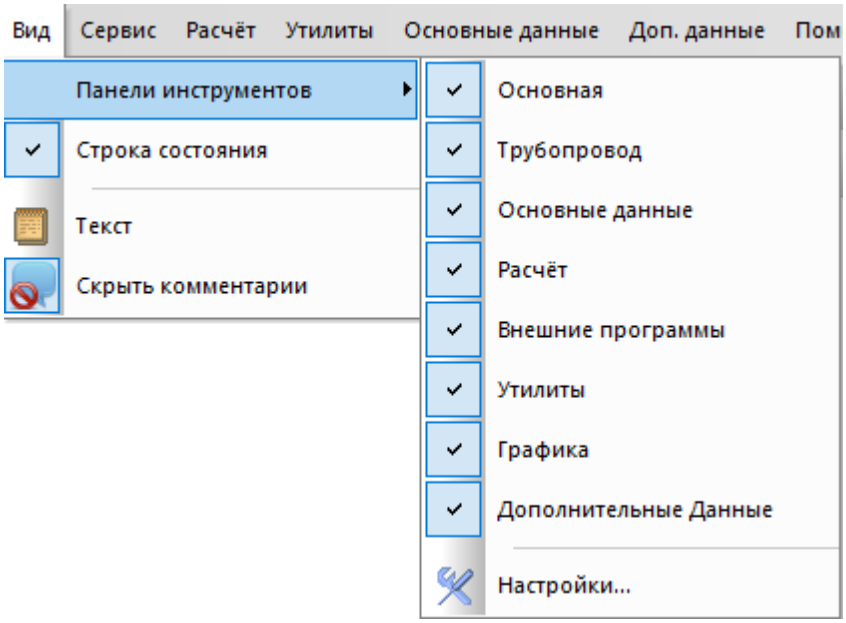
Правка – набор команд для редактирования ИД. Команды "Найти в тексте" и "Найти в графике" позволяют искать имена узлов, идентификационные имена опор и элементов трубопровода, а также другую текстовую информацию в различных таблицах и в графическом окне программы. Команды "Вставить/Удалить строку" активны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



Вид

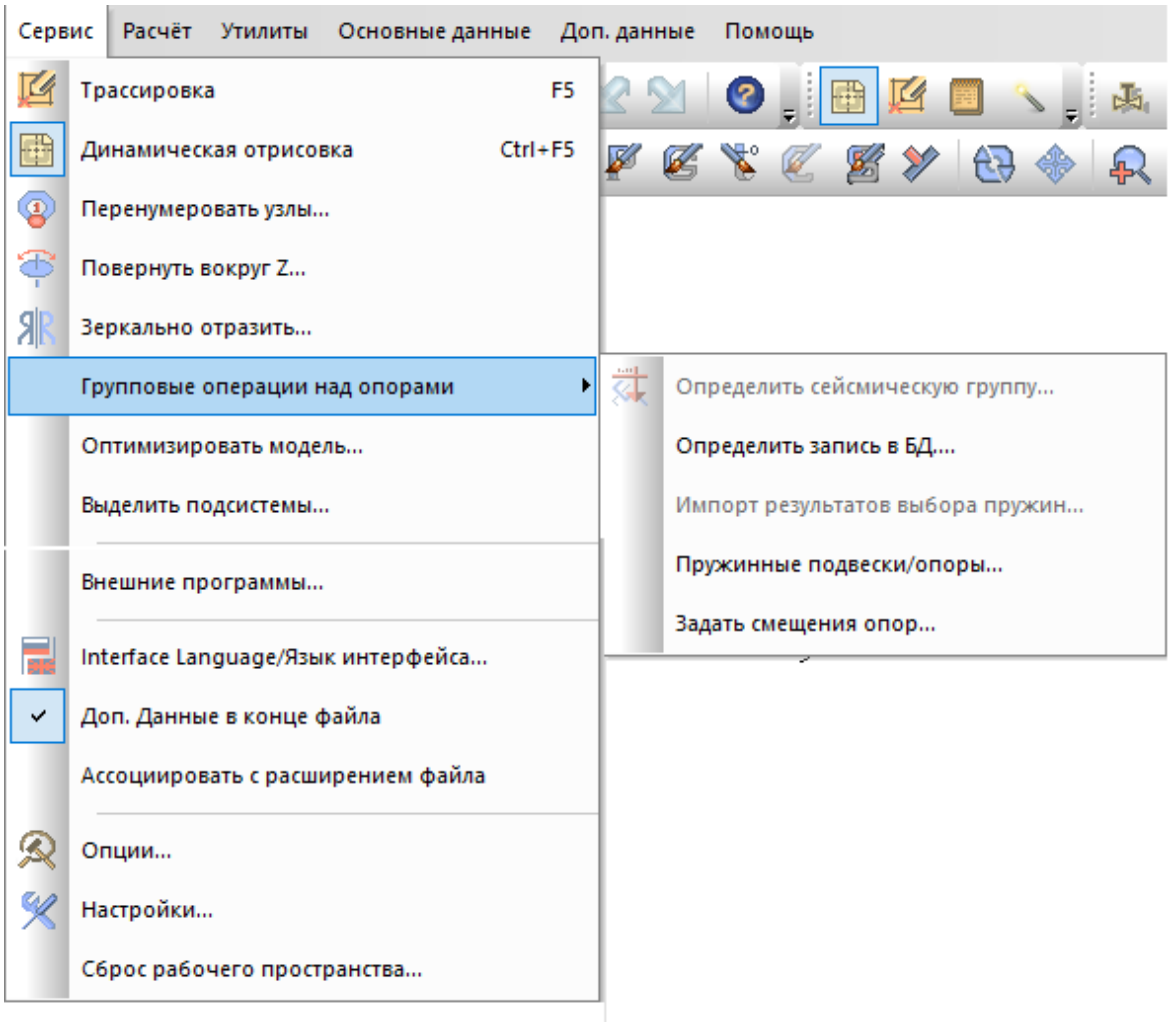
Вид – набор команд для активизации тех или иных элементов интерфейса таблицы. Команда "Текст" переключает главное окно программы в графический или текстовый режим.

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм


Вид
Сервис
Расчёт
Утилиты
Основные данные
Доп. данные
Пом
Панели инструментов
Строка состояния
Текст
Скрыть комментарии
Основная
Трубопровод
Основные данные
Расчёт
Внешние программы
Утилиты
Графика
Дополнительные Данные
Настройки...

Сервис

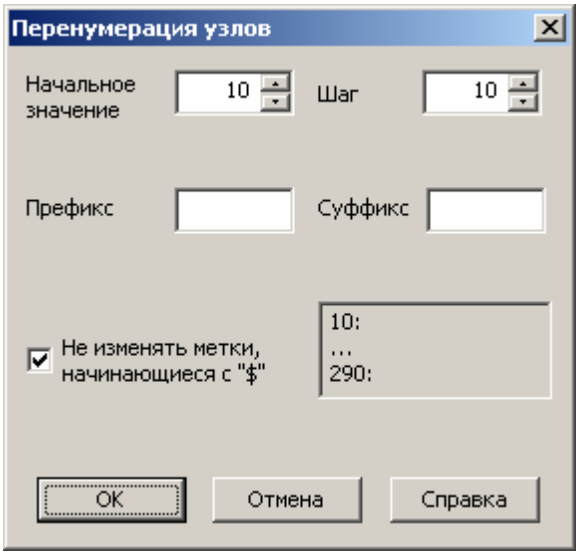
Сервис – набор инструментов для работы с DDE.



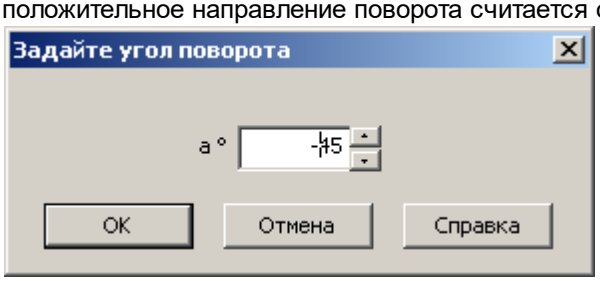
Команда ***"Трассировка"*** выполняет однократную проверку синтаксиса ввода и перерисовку модели трубопровода без выхода в активный режим.

При выборе режима ***"Динамической отрисовки"*** ввод ИД осуществляется в активном режиме.

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

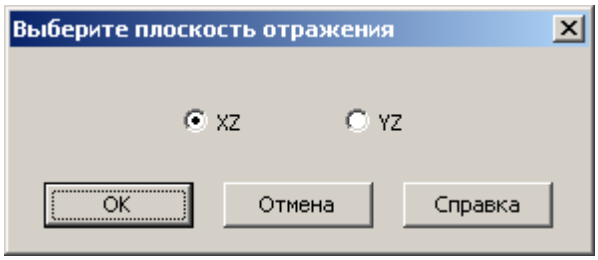


Команда "***Повернуть вокруг Z...***" позволяет осуществить поворот всей модели вокруг оси OZ на угол a. При этом положительное направление поворота считается от оси OX к оси OY:



При повороте модели происходит автоматический пересчет предопределенных смещений опор.

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

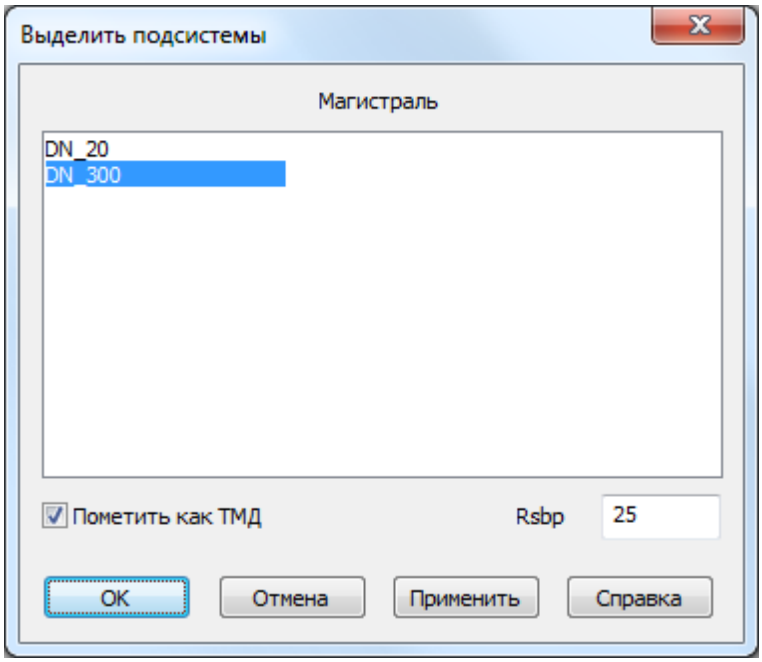


Действие команды не распространяется на отображение сечений балочных элементов (команда S)

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 РМТ, с которыми не связаны никакие дополнительные данные. Применение этой команды удобно для моделей, которые были созданы с помощью вспомогательных программ - конверторов.

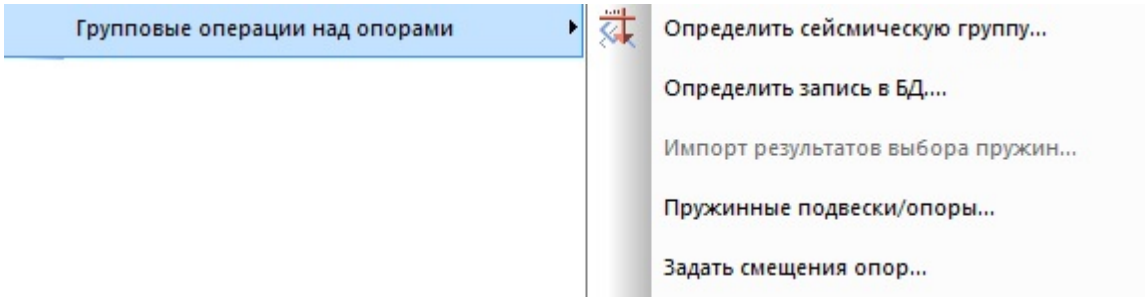
Команда " ***"Выделить подсистемы…"*** используется для выделения части трубопровода, которая может быть промаркирована как ТМД(трубы малого диаметра), см. Приложение XV. Величина Rsbp определяет отношение моментов инерции Магистрали и выбранного сечения:



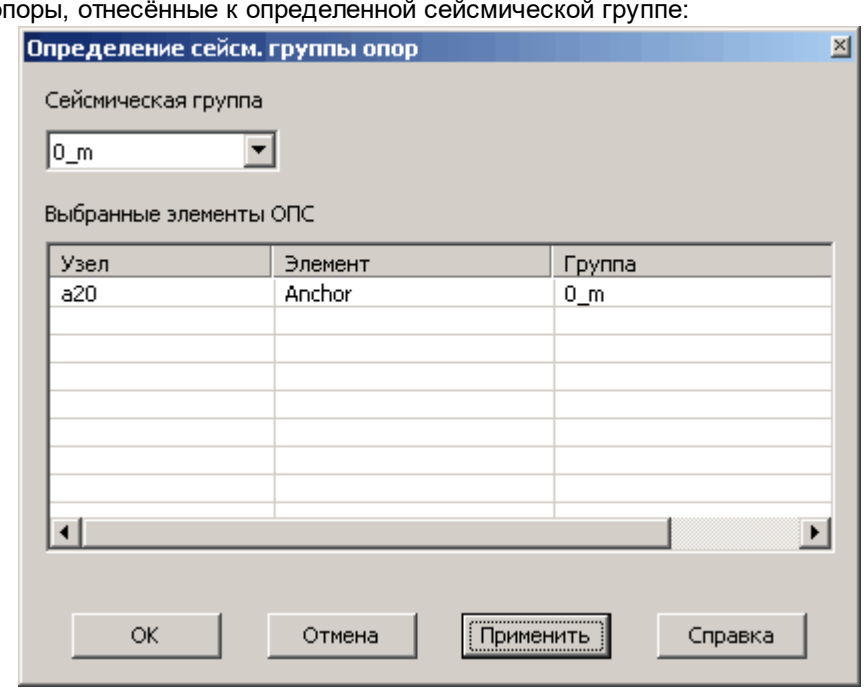
Опция «***Доп. Данные в конце файла***» позволяет при формировании текстового файла с расчетной моделью поместить все данные, связанные с узлами расчётной модели (в основном это опоры) в конец файла *.dp5, что позволяет эффективно их редактировать в текстовом режиме

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 ответа***". 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, отнесённые 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 допускаемые 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

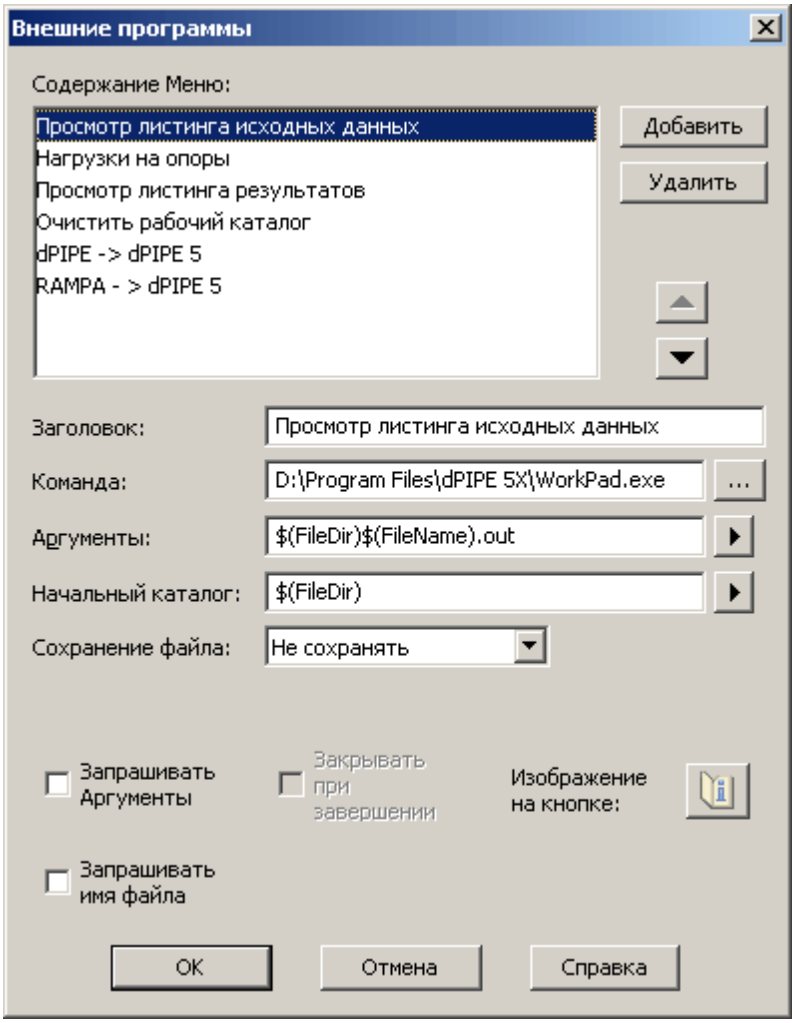
Команда "***Задать смещения опор***" используется для задания группе выбранных элементов *ОПС* трубопровода одинаковых смещений, соответствующих выбранному режиму работы.

См. видеоклип

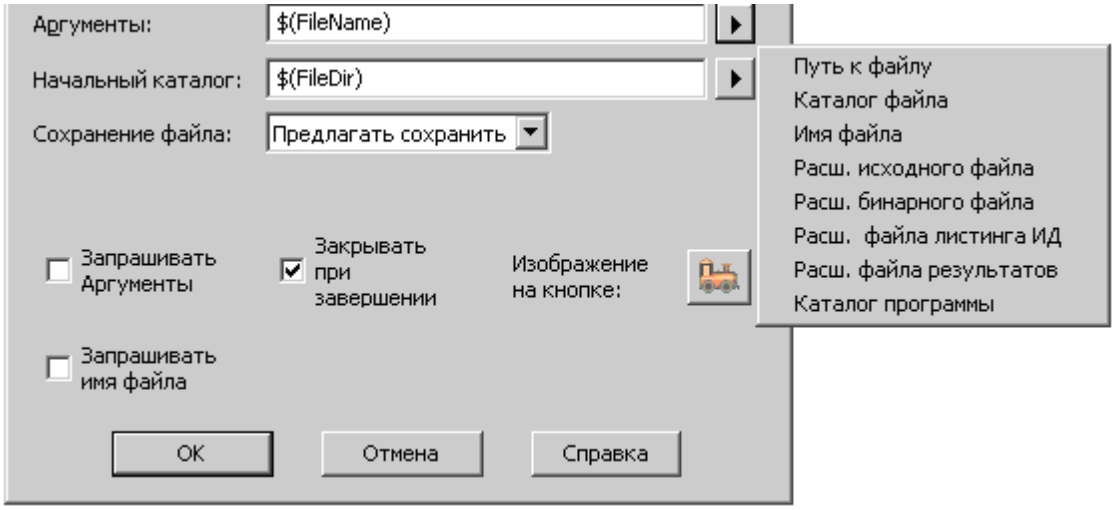
© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Внешние программы

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

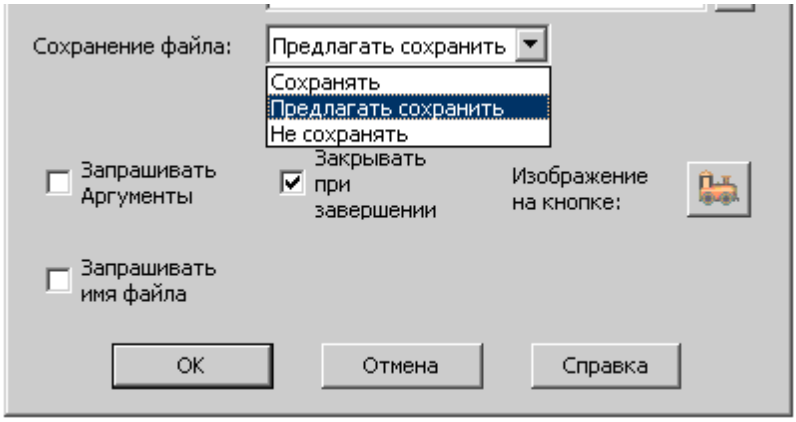


Представленный выше диалог позволяет ***добавлять/удалять*** подключаемые программы, перемещать их ***вверх/вниз*** в поле ***"Содержание меню"***, давать заголовок для исполняемых программ (он отображается как в меню ***"Сервис"*** , так и во всплывающих подсказках к соответствующим кнопкам). Поле ***"Команда"***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



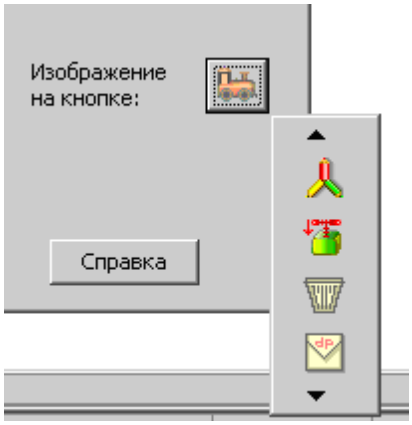
Поле ***"Начальный каталог"*** специфицирует место, откуда должна запускаться та или иная подключаемая программа:

Опция ***"Сохранение файла"*** устанавливает правила для сохранения текущего файла ИД перед выполнением внешней программы.



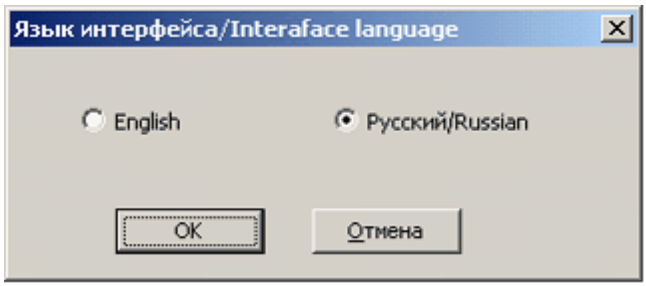
Поля "***Запрашивать аргументы"*** , ***"Закрывать при завершении"*** и ***"Запрашивать имя файла"*** могут принимать значения "да" или "нет" в зависимости от их активации пользователем.

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"

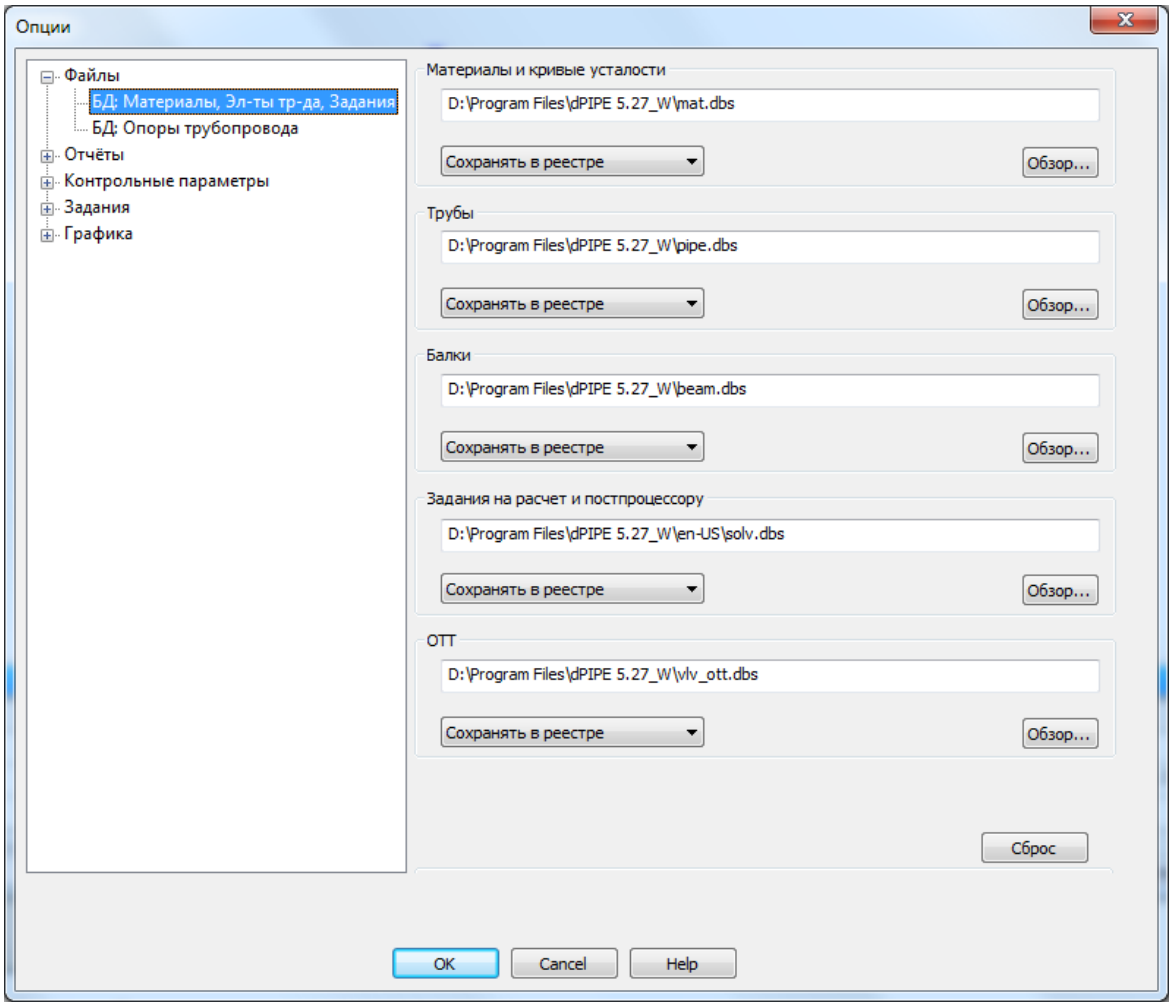
Команда "Настройки" ( ) используется для установления пользовательского набора "горячих" клавиш и настроек панелей инструментов.

Файлы

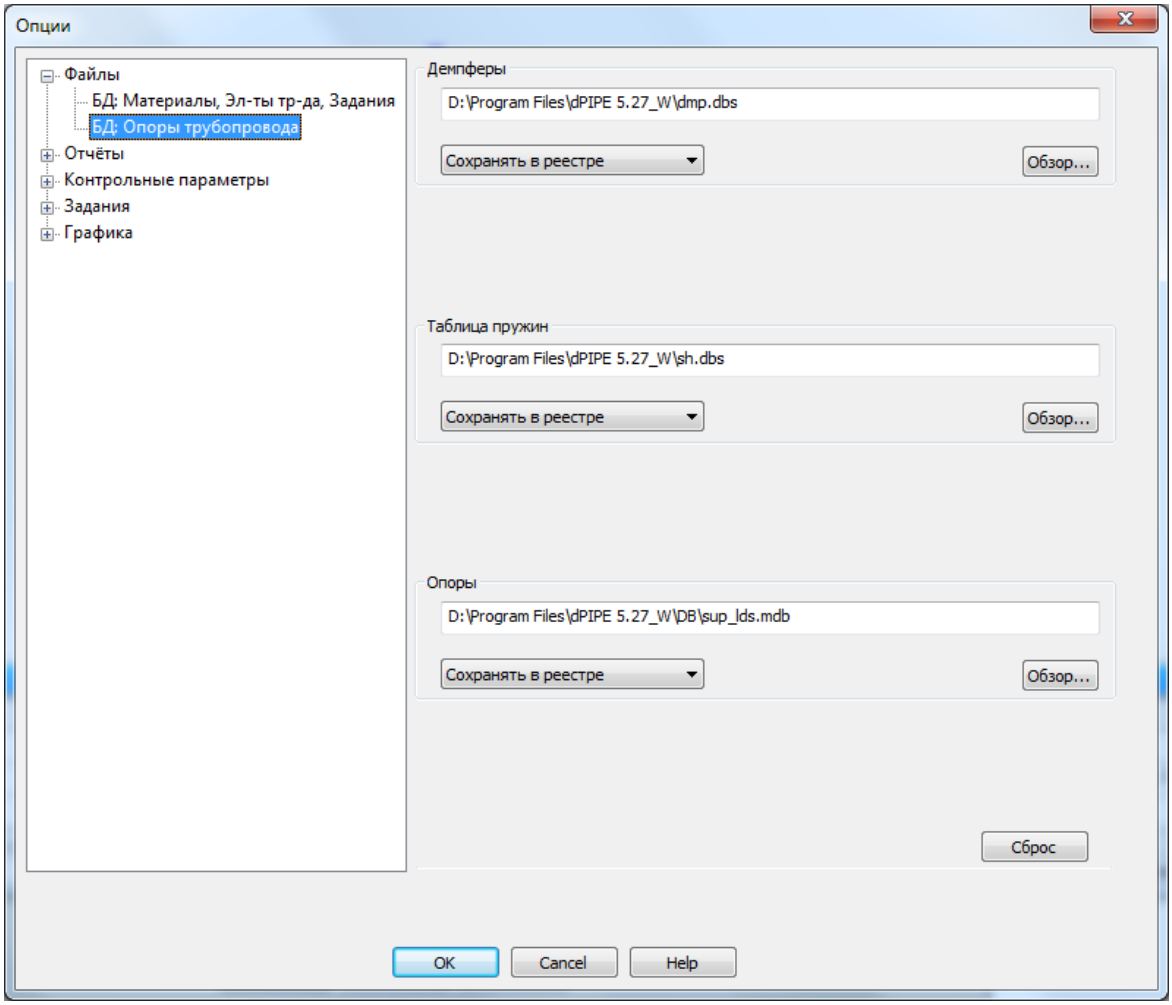
Папка ***"Файлы"*** позволяет определить расположение файлов, используемых при создании расчетной модели трубопровода.

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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 сохранятся 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".

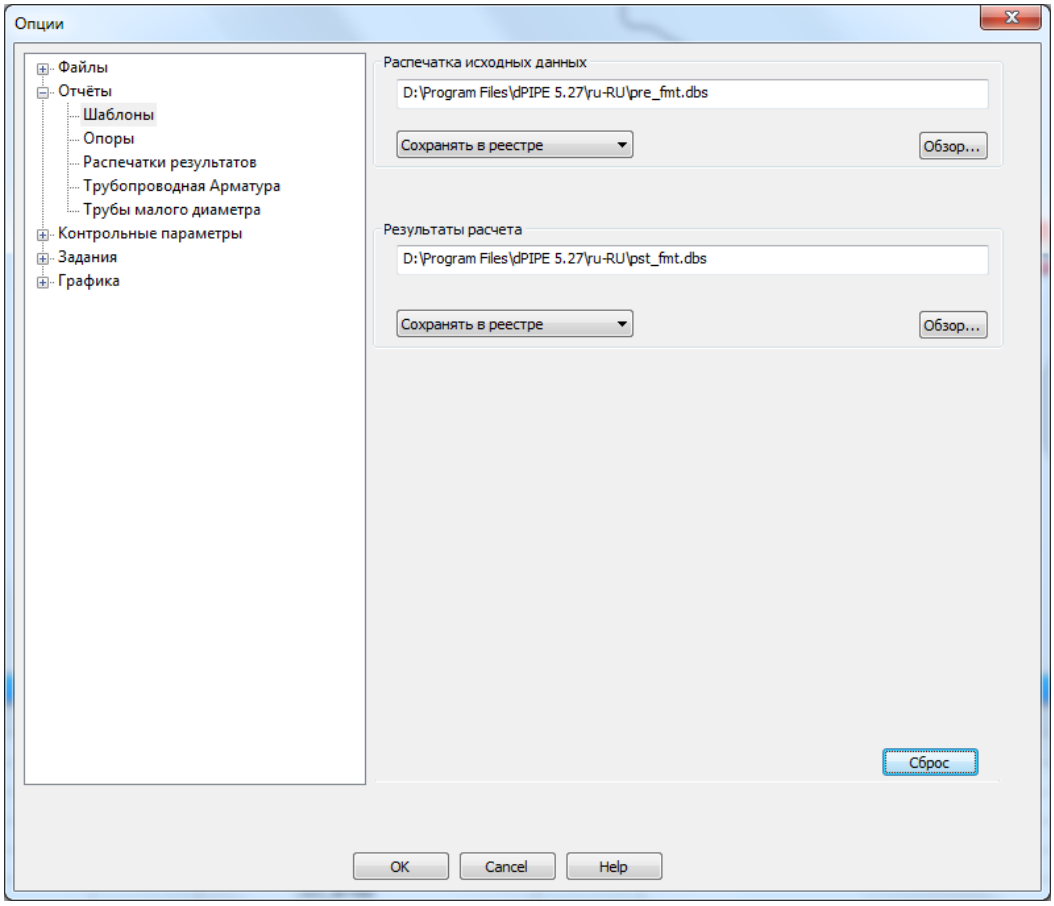
Отчеты

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

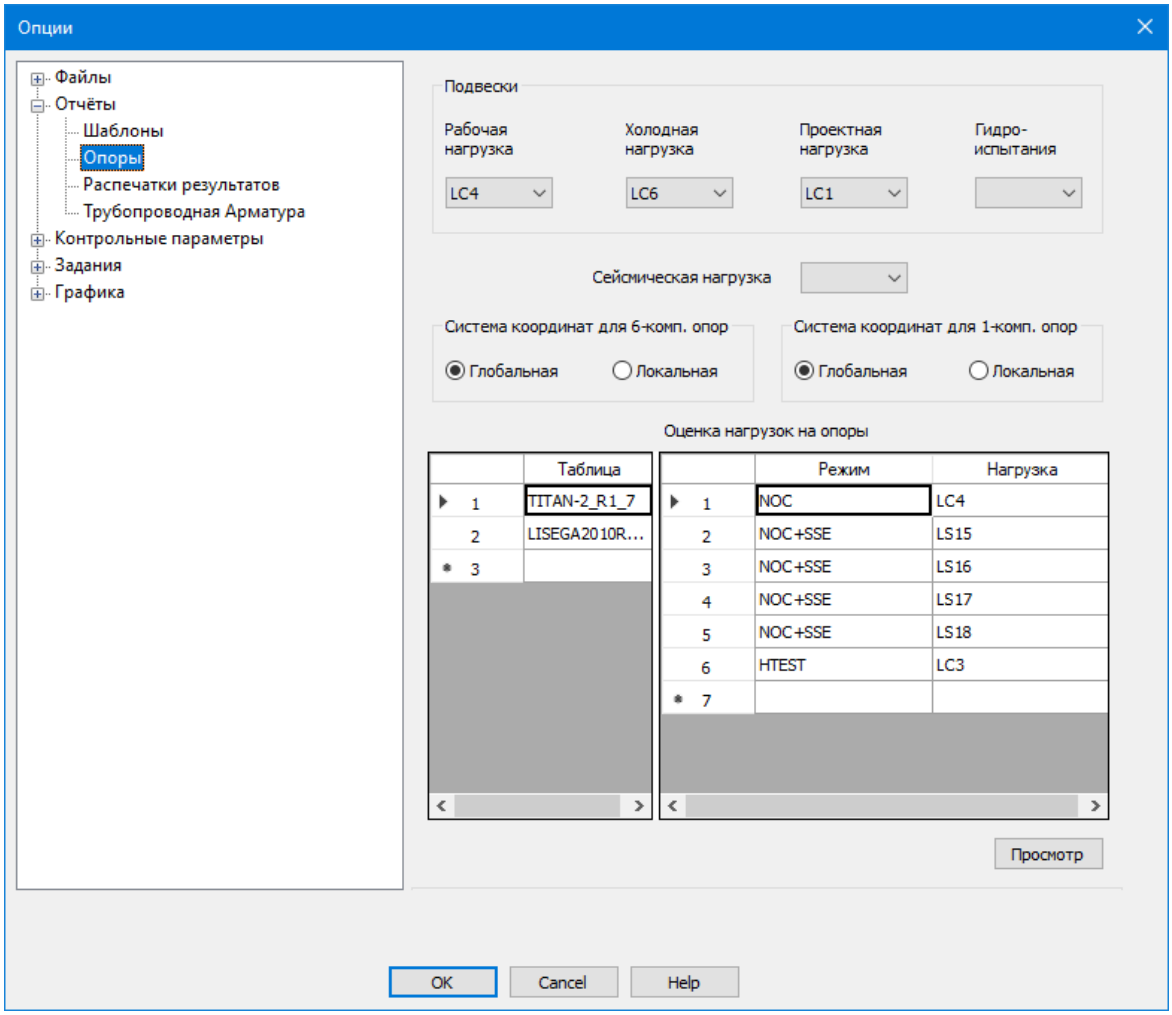


Опоры

Закладка "Опоры":

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

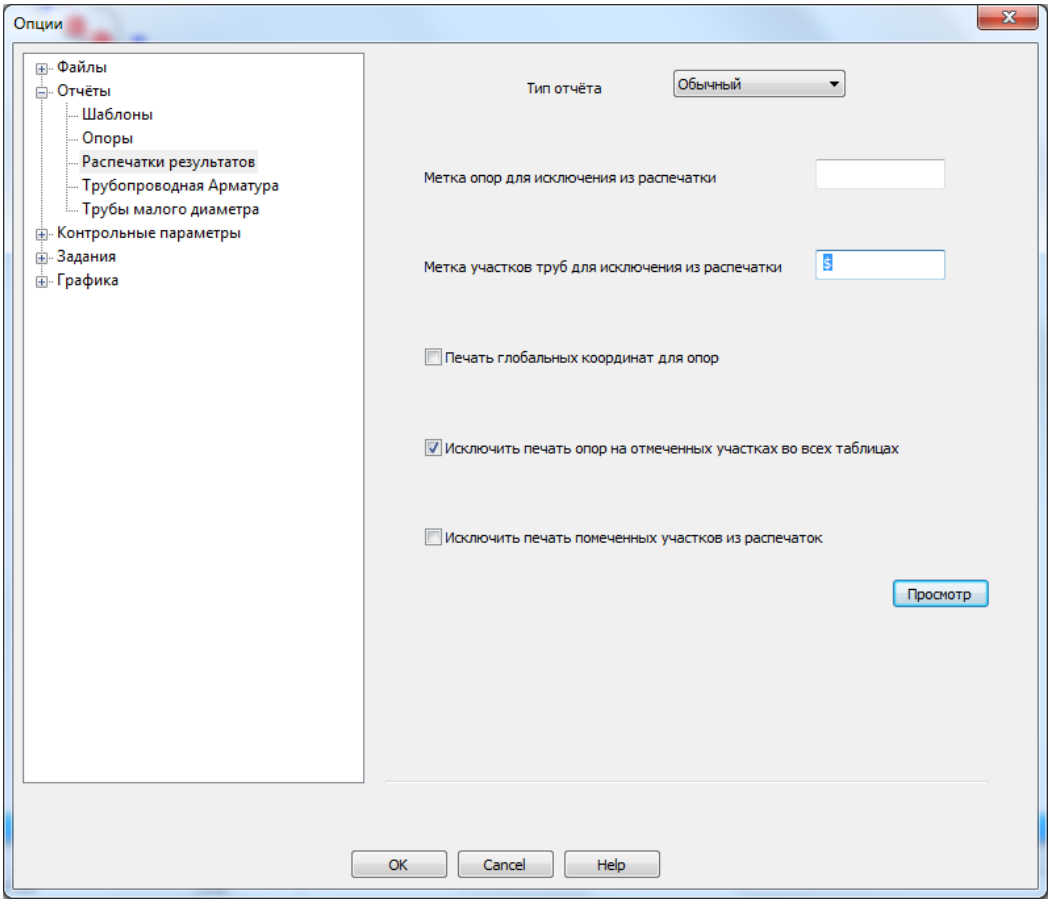
© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм



Распечатки результатов

Закладка "Распечатки результатов":

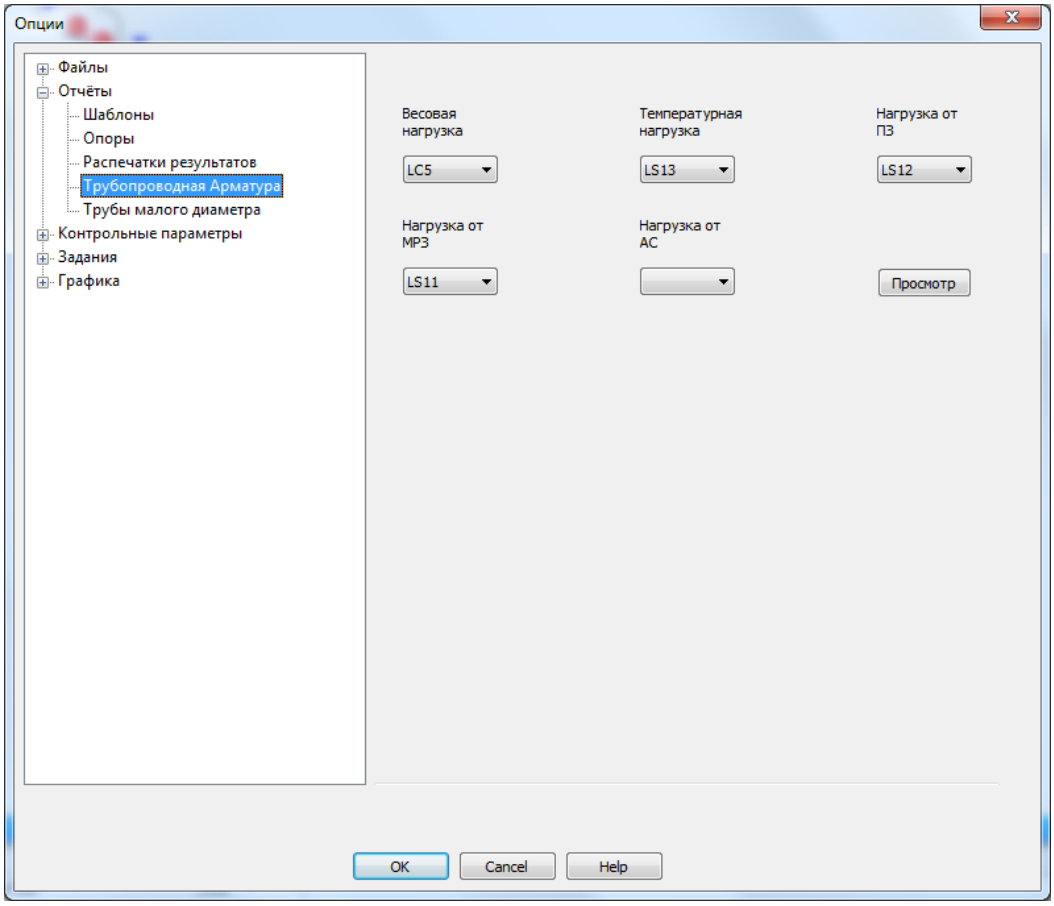
Поле диалога	Параметр (команда POST_REP)
Тип отчета	REP_TYPE
Метка опор для исключения из распечатки	SKIP_SUP
Метка участков труб для исключения из распечатки	SKIP_STR
Печать глобальных координат для опор	SUP_CRD
Исключить печать опор на отмеченных участках во всех таблицах	SUP_SKIP
исключить печать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



Трубопроводная арматура

Закладка "Трубопроводная арматура":

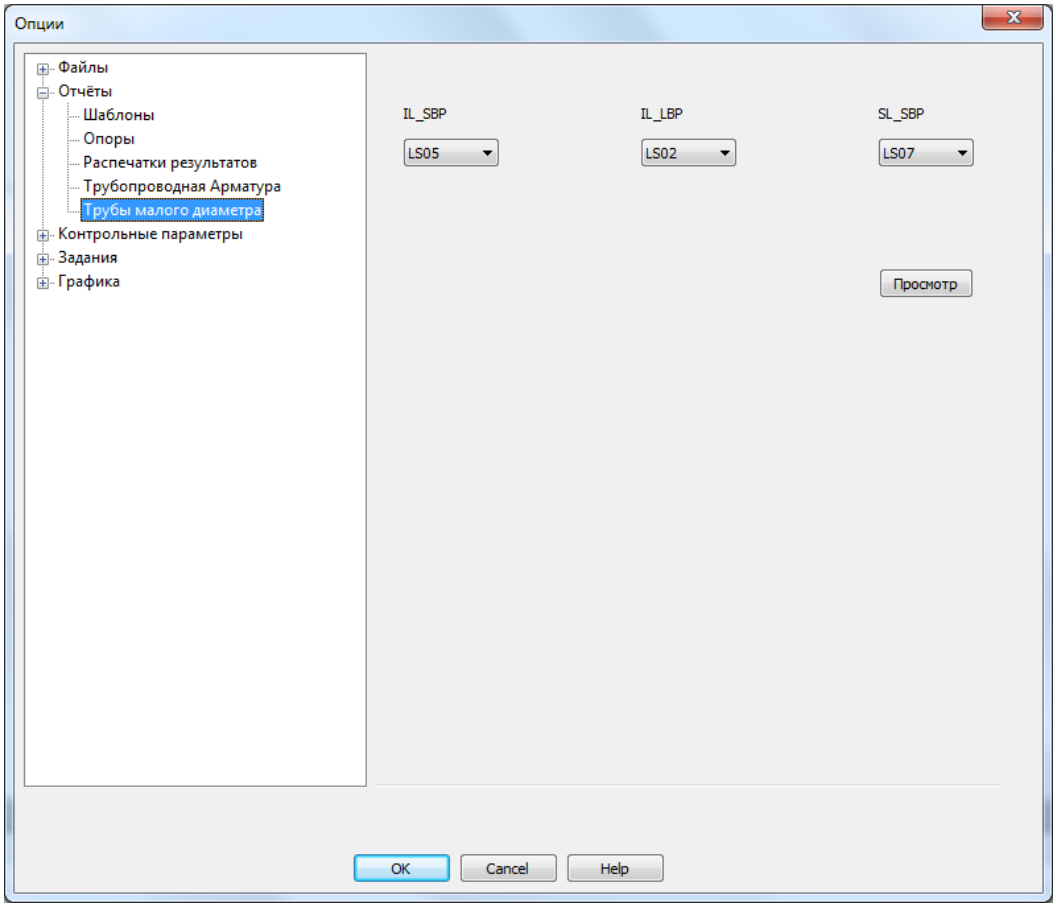
Поле диалога	Параметр (команда POST_REP)
Весовая нагрузка	OTT_W
Температурная нагрузка	OTT_T
Нагрузка от ПЗ	OTT_PZ
Нагрузка от МРЗ	OTT_MRZ
Нагрузка от АС	OTT_AS



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 POST_REP)
Напряжения от сейсмики с учетом инерционных нагрузок для ТМД(трубы малого диаметра)	IL_SBP
Напряжения от сейсмики с учетом инерционной нагрузки для ***труб "большого" диаметра***	IL_LBP
ссылка на категорию напряжений для учета деформационной сейсмической нагрузки для ТМД(трубы малого диаметра)	SL_SBP



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*).

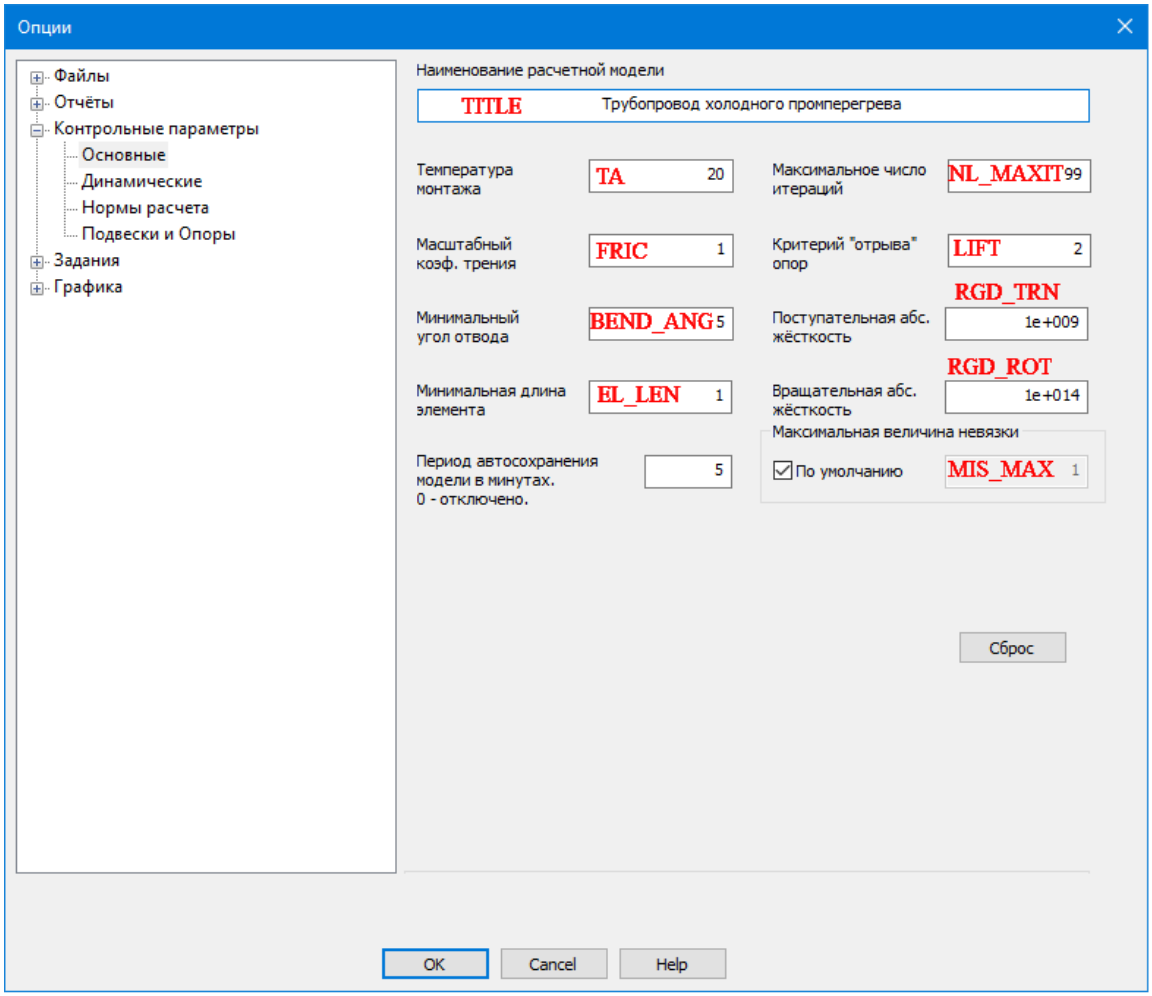
Основные

Закладка "Основные параметры"

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

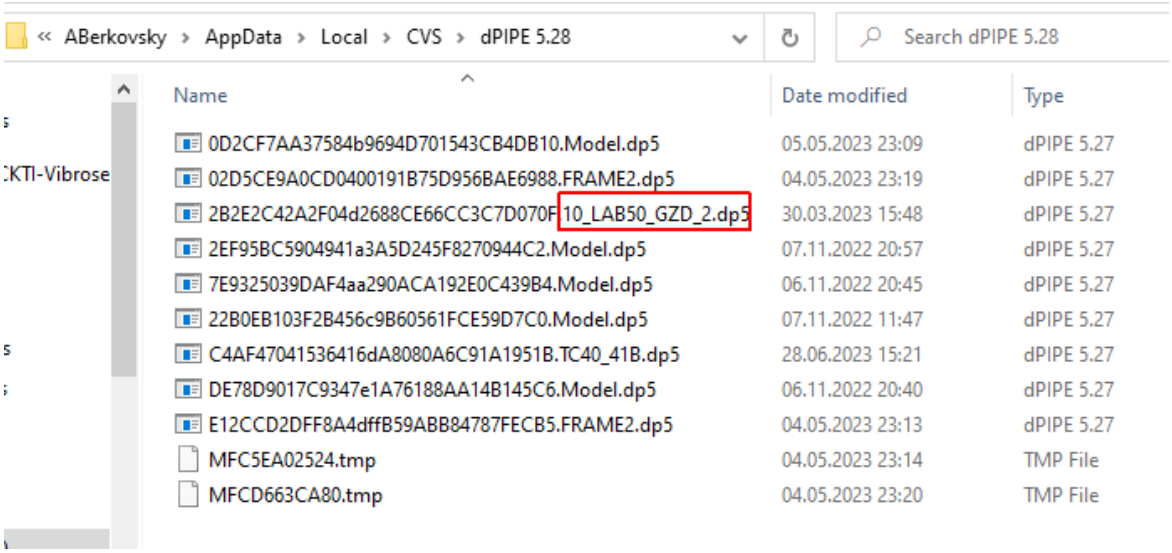
© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

минимальная длина элемента	CTRL	EL_LEN
максимальная величина невязки	CTRL	MIS_MAX
вращательная "абсолютная" жесткость	CTRL	RGD_ROT
Период автосохранения модели	см. примечание	



Примечание:

"Период автосохранения модели" используется программой для периодического сохранения файла *.dp5 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 *.dp5 файл под именем, содержащим имя модели:



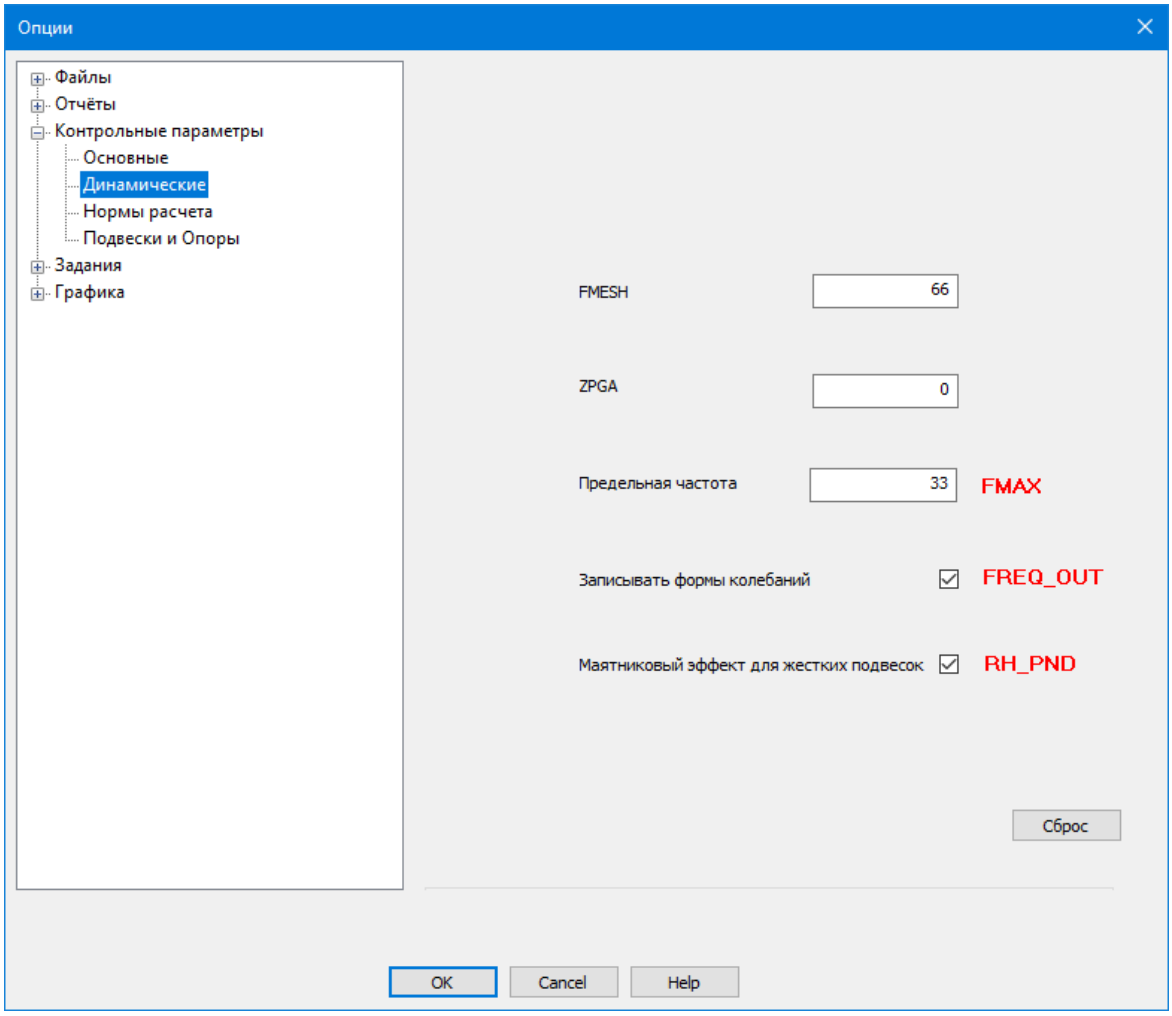
При нормальном завершении сеанса временный файл удаляется.

Динамические

Закладка "Динамические параметры"

Поле диалога	Команда	Параметр
предельная частота	CTRL	FMAX
парциальная частота для автоматической разбивки трубопровода (FMESH)	CTRL	FMESH
ускорение грунта нулевого периода (ZPGA)	CTRL	ZPGA
записывать формы колебаний	CTRL	FREQ_OUT
маятниковый эффект для жестких подвесок	CTRL	RH_PND

Дополнительные динамические параметры задаются в команде DCASE



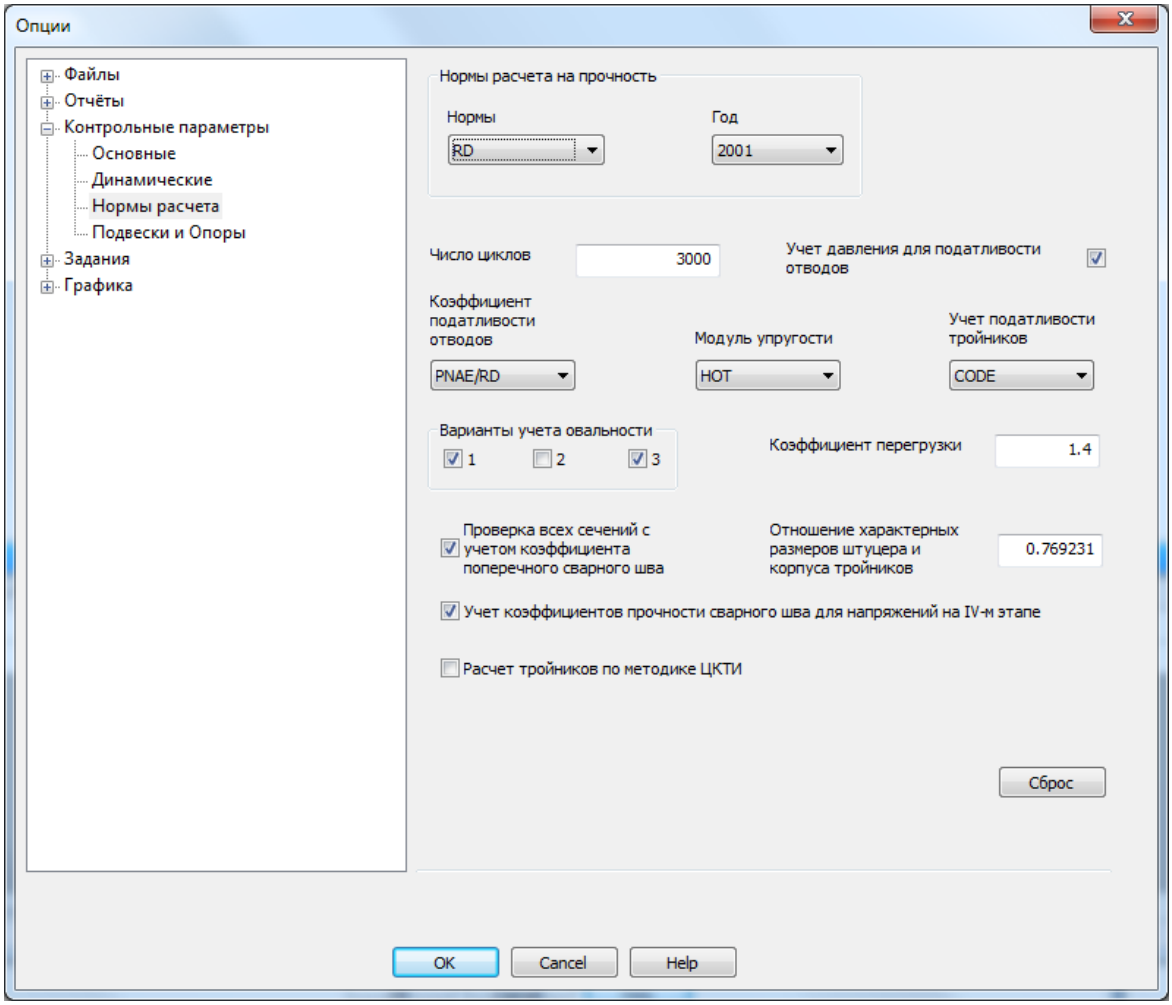
Нормы расчета

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

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

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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

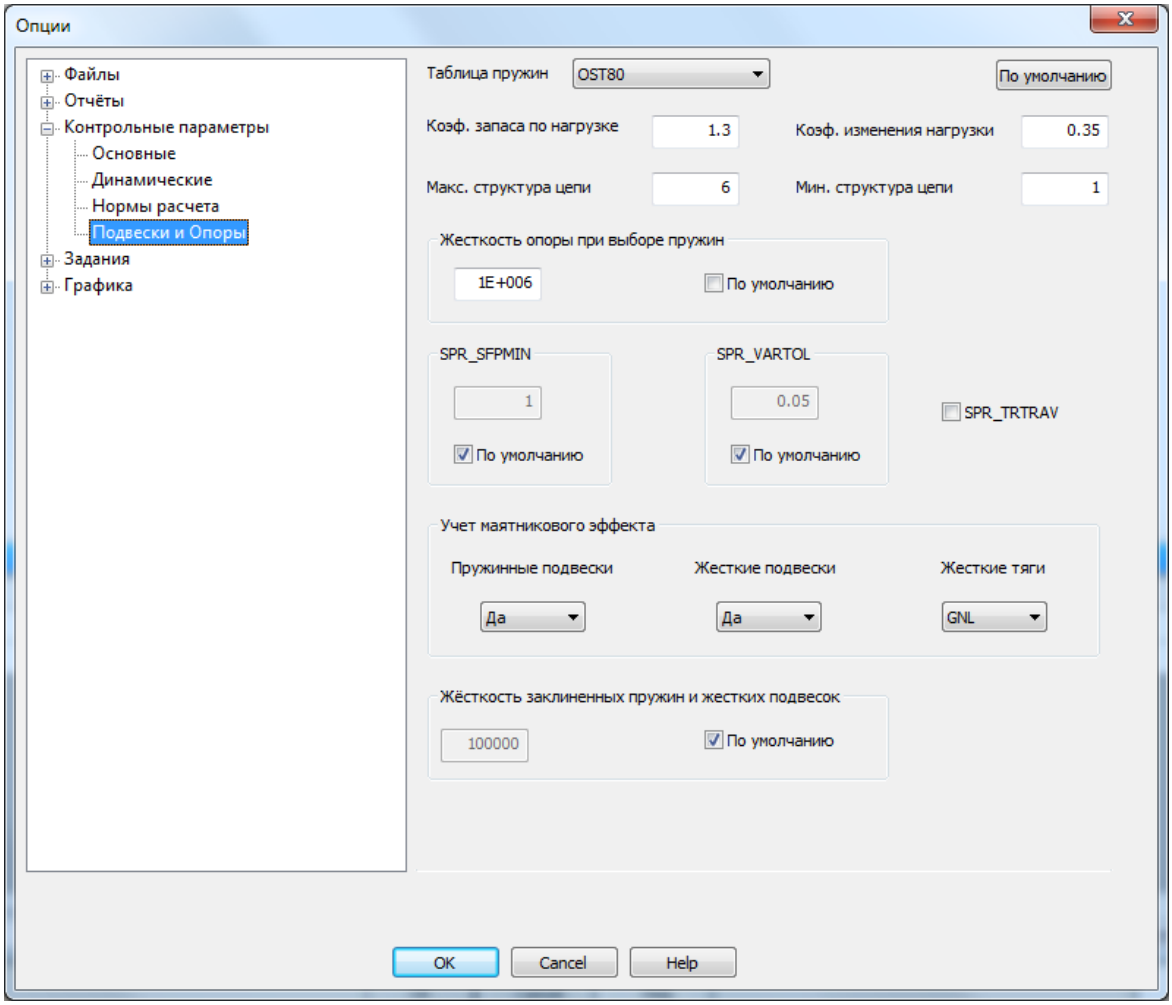


Подвески и опоры

Закладка "Подвески и Опоры"

Поле диалога	Команда	Параметр
Таблица пружин	SDEF	STAB
Коэф. изменения нагрузки	SDEF	PVAR
Коэф. запаса по нагрузке	SDEF	PFAC
Максимальная структура цепи	SDEF	ZMAX
Минимальная структура цепи	SDEF	ZMIN
Жесткость опоры при выборе пружин	CTRL	RGD_SPR
SPR_SFPMIN (*коэффициент запаса по минимальной нагрузке*)	CTRL	SPR_SFPMIN
SPR_VARTOL (*контрольная величина изменяемости, использующаяся при выборе пружин*)	CTRL	SPR_VARTOL
SPR_TRTRAV (*метод вычисления деформации пружины*)	CTRL	SPR_TRTRAV
Жесткость заклиненных пружин и жестких подвесок	CTRL	RH_STF
Учет маятникового эффекта:		

Пружинные подвески	CTRL	SWING_SH
Жесткие подвески	CTRL	SWING_RH
Жесткие тяги	CTRL	SWING_ST



Задания

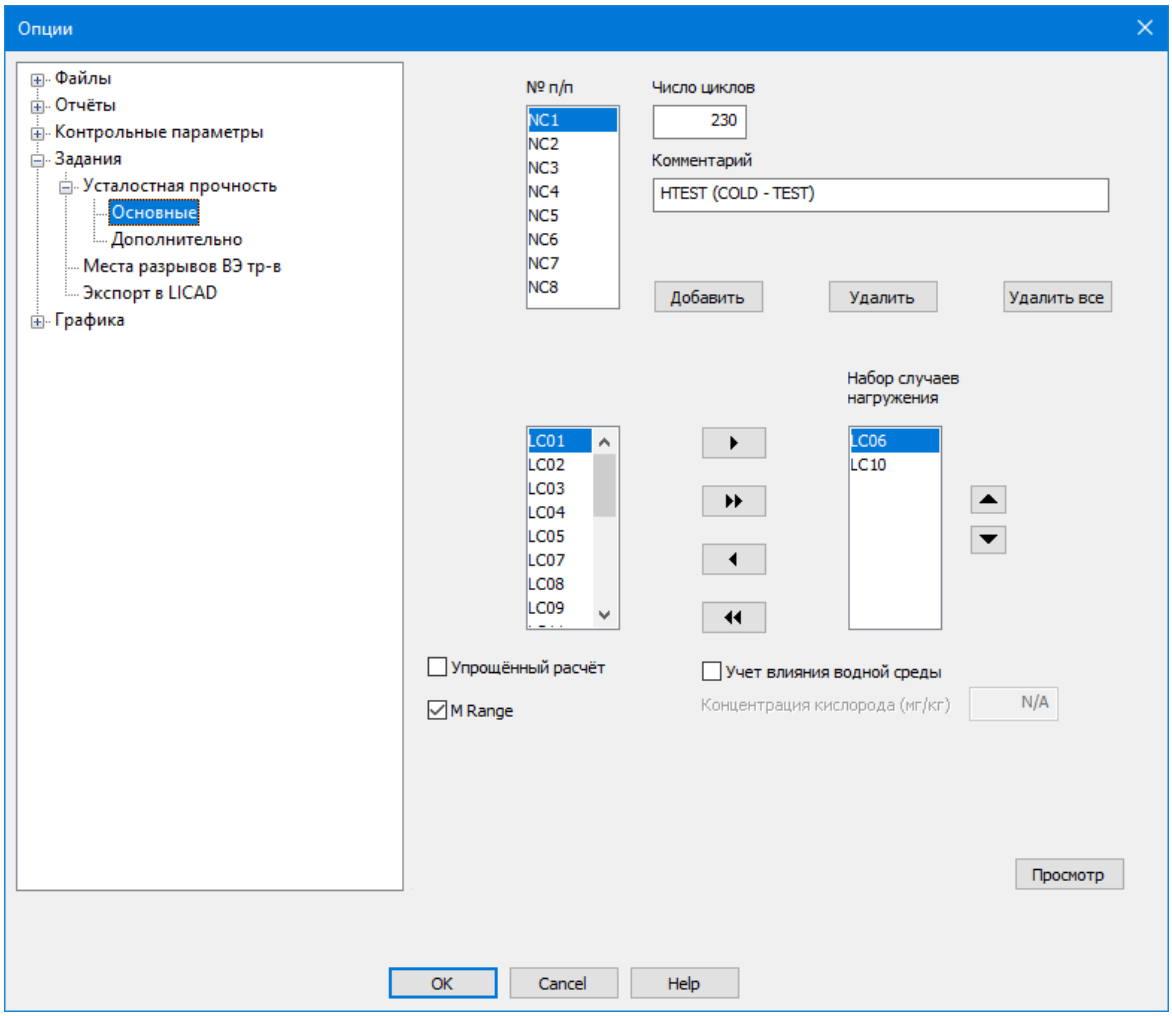
Закладка ***"Задания "*** определяет данные для задания на постпроцессорный расчет усталостной прочности ("Усталостная прочность", команда FATG), задания для расчета мест постулированных разрывов высокоэнергетических трубопроводов (команда POST_HELB) и спецификации для экспорта нагрузок из dPIPE в LICAD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

Усталостная прочность

Закладка "Усталостная прочность":

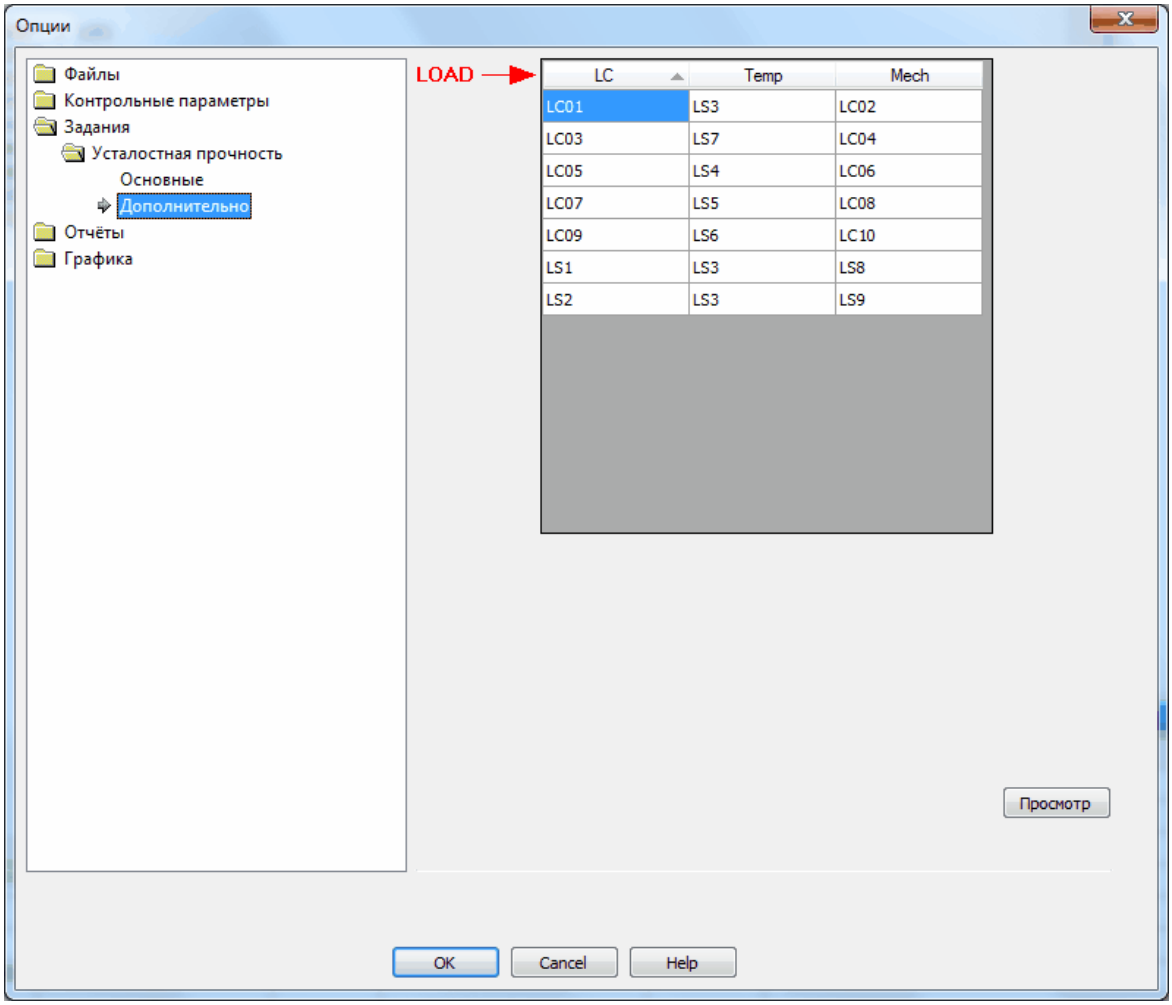
Поле диалога	Команда	Параметр
Набор случаев нагружения	SOLV	LC
Число циклов	FATG	NC
История нагружения	FATG	SEQ
Упрощенный расчет	FATG	FATG_SAF

	FATG	M_RANGE



Дополнительные данные для расчета усталостной прочности:

Поле диалога	Команда	Параметр
LC	FATG	LOAD
TEMP	FATG	TEMP
MECH	FATG	MECH

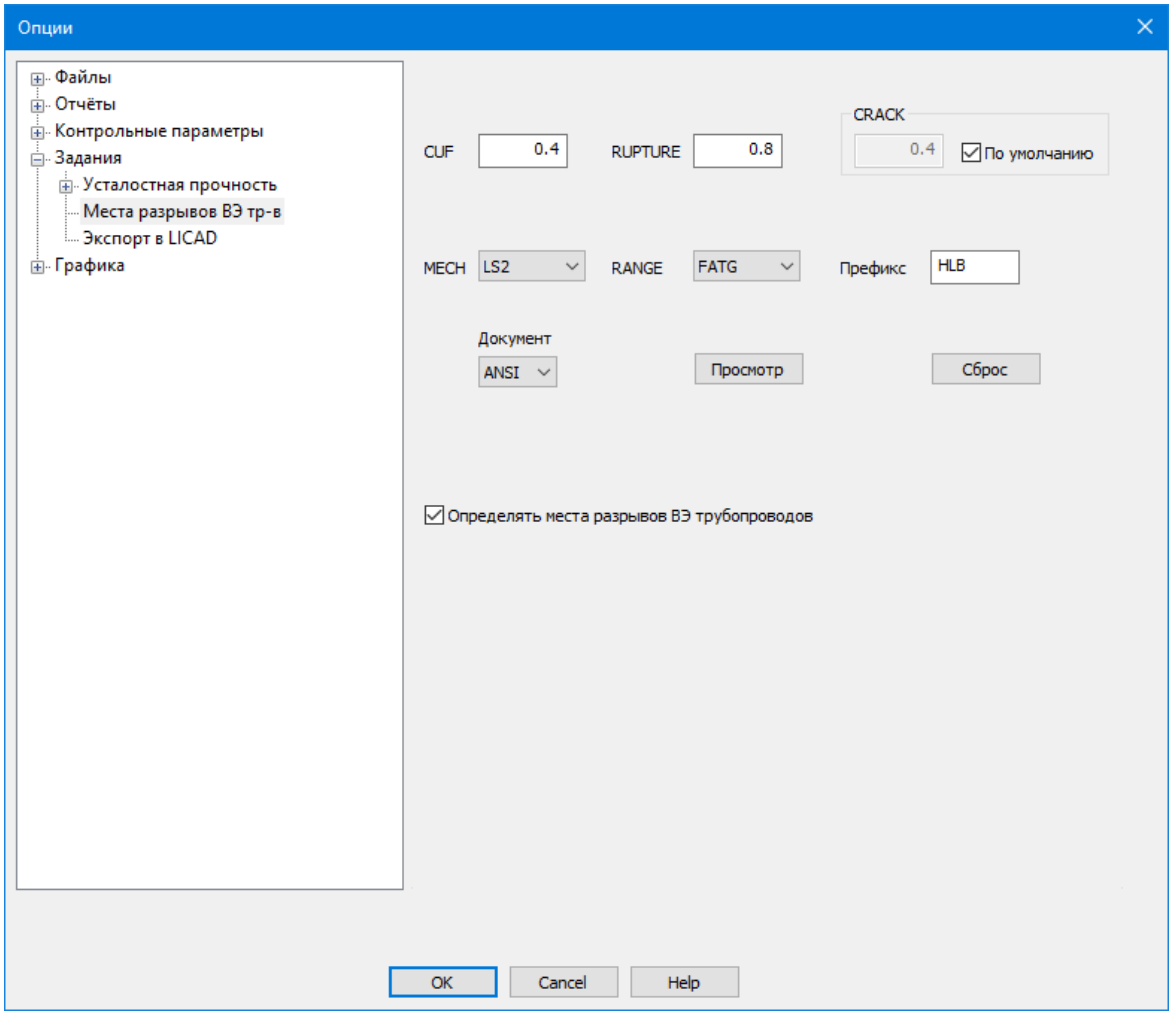


Места разрывов ВЭ тр-в

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

Поле диалога	Команда	Параметр
CUF	POST_HELB	CUF
RUPTURE	POST_HELB	RUPTURE
CRACK	POST_HELB	CRACK
MECH	POST_HELB	MECH_LS
RANGE	POST_HELB	RANGE_LS
Префикс	POST_HELB	HELB_STR
Документ	POST_HELB	DOC

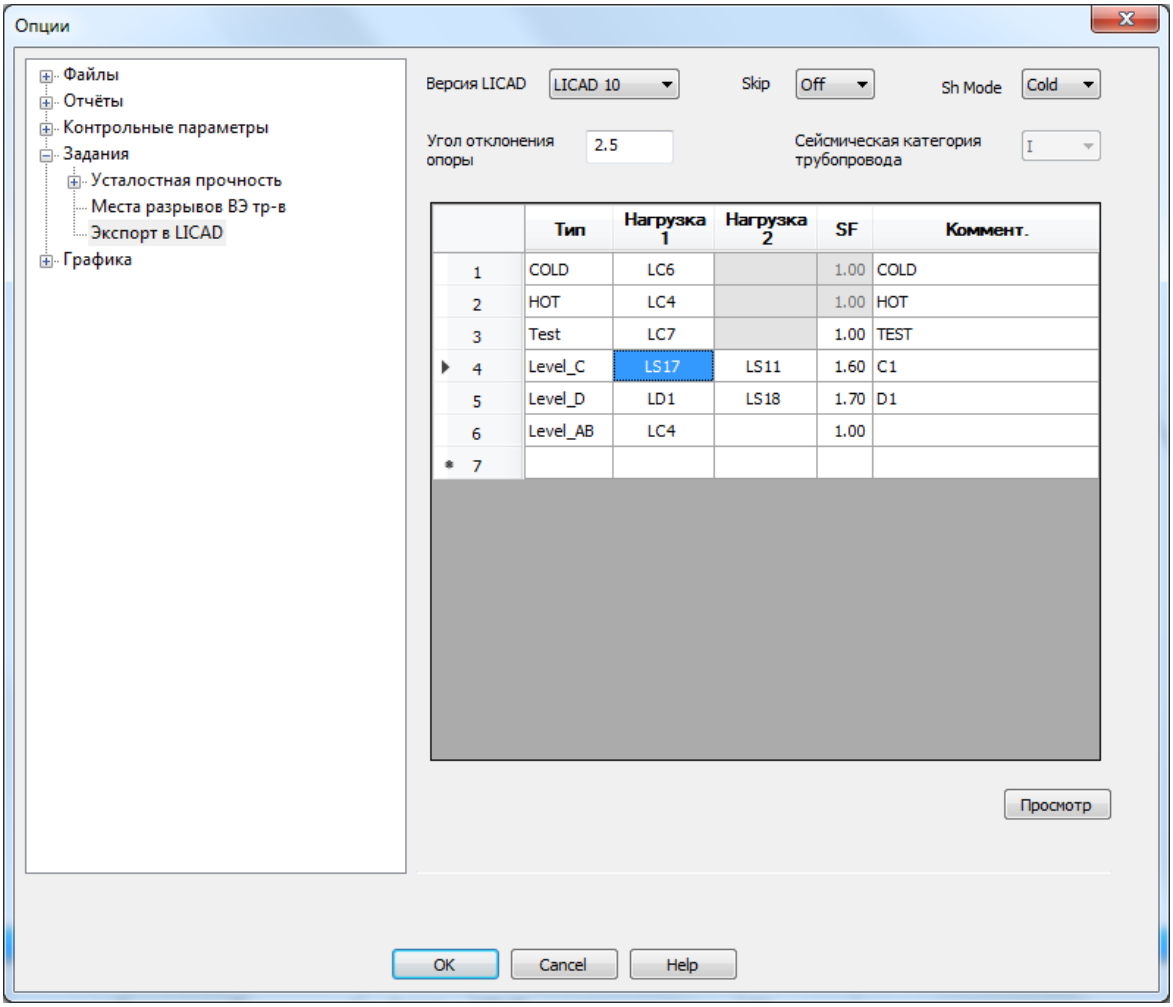
© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм



Экспорт в LICAD

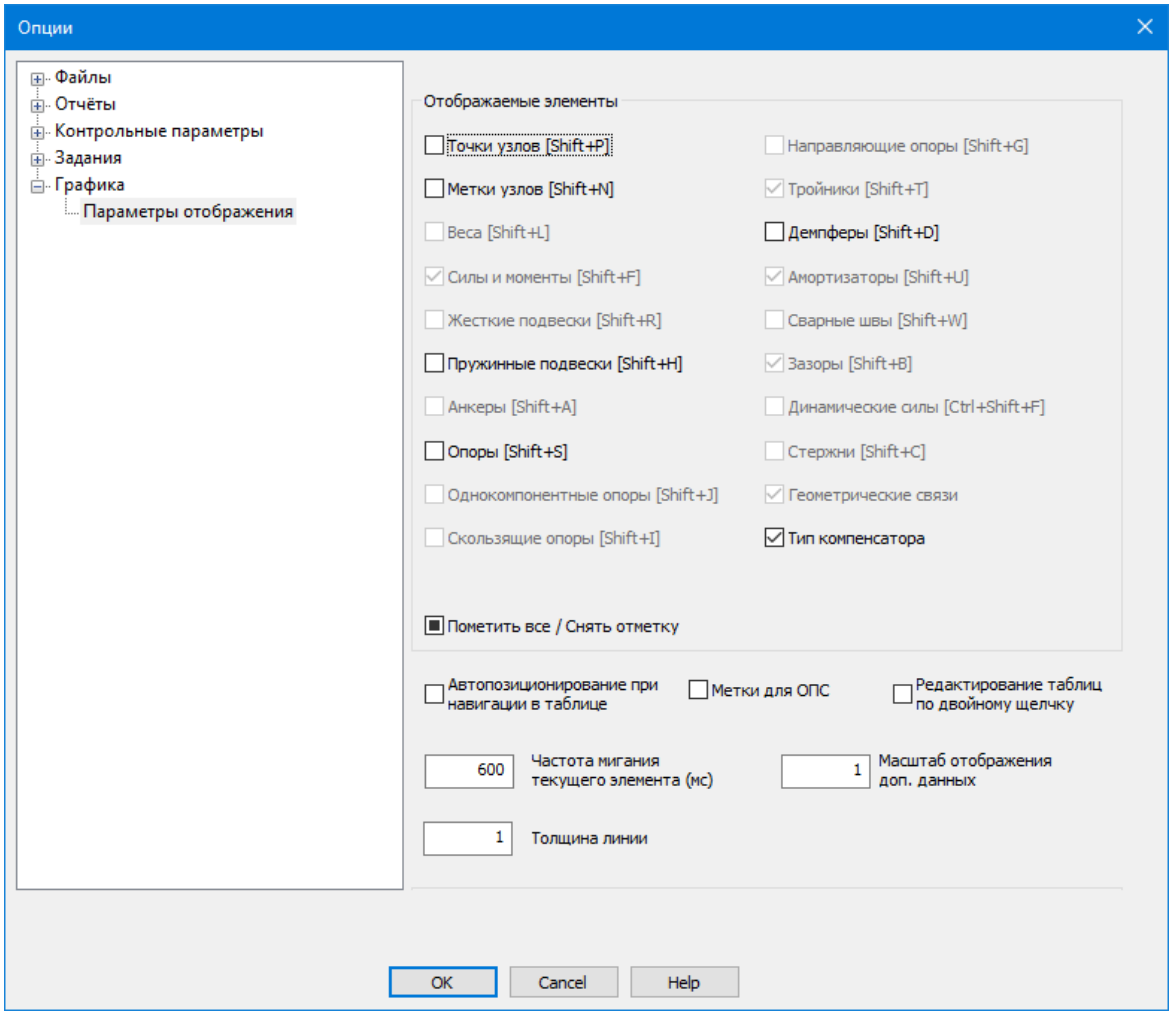
Закладка "Экспорт в LICAD": спецификация для экспорта нагрузок на опоры трубопровода из dPIPE в программу LICAD. См. Приложение XVI.

Поле диалога	Команда	Параметр
Версия LICAD	DP2LCD	LCD_VER
Skip		SKIP
Sh Mode		SH_MODE
Угол отклонения опоры		ANGLE
Сейсмическая категория трубопровода		S_CAT
Тип		TYPE
Нагрузка 1		LOAD
Нагрузка 2		
SF		SF
Комментарий		NOTE



Графика

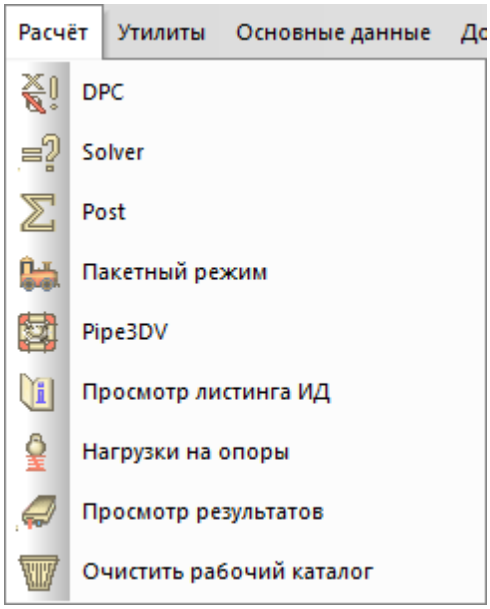
Закладка "Графика" предназначена для управления отображением модели в графическом окне:



Список "*Отображаемых элементов*" соответствует набору "дополнительных данных". Включая/выключая флажок "Метки для ОПС" (ОПС - опорно-подвесная система трубопровода) можно показать/скрыть метки узлов отображаемых элементов, связанных с узлами расчетной модели трубопровода (РМТ). 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.

Расчет

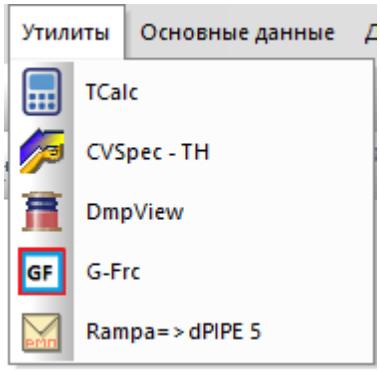
Пункт меню "***Расчет"*** представляет собой набор команд для выполнения расчета трубопровода:



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

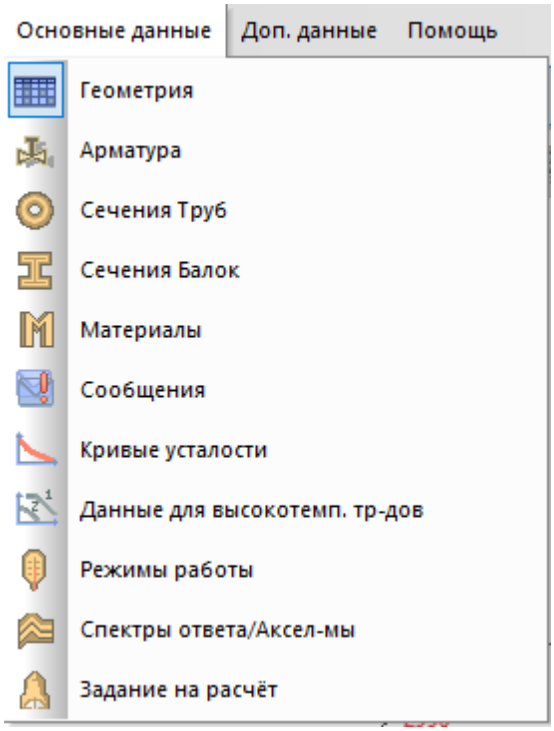
dPIPE утилиты: вспомогательные программы, использующиеся как в составе dPIPE, так и как отдельные приложения.



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. https://www.dpipe.ru/ru/dpipe_utilities_ru/tcalc_ru.html
CVSpec-TH		Программа для создания и обработки сейсмических спектров ответа, а также для генерации акселерограмм из заданных спектров ответа См.: https://www.dpipe.ru/ru/dpipe_utilities_ru/cvspecth_ru.html. 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. https://www.dpipe.ru/ru/dpipe_utilities_ru/g-frc_ru.html
RAMPA => dPIPE 5		конвертация ИД из программы РАМПА в формат данных dPIPE5 (запуск программы R2DP_N.exe). При конвертации ИД из РАМПЫ-93 исходный файл должен иметь расширение ".dat", из РАМПЫ-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.

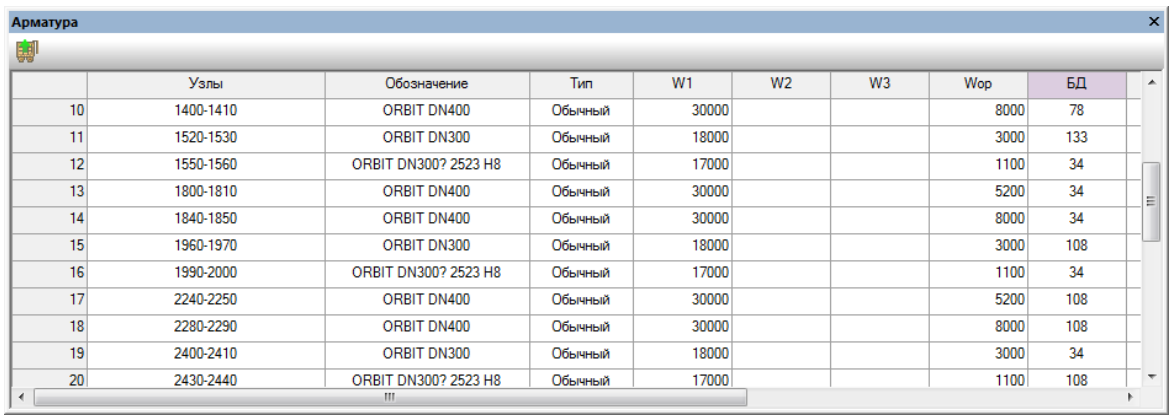
Основные данные

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):



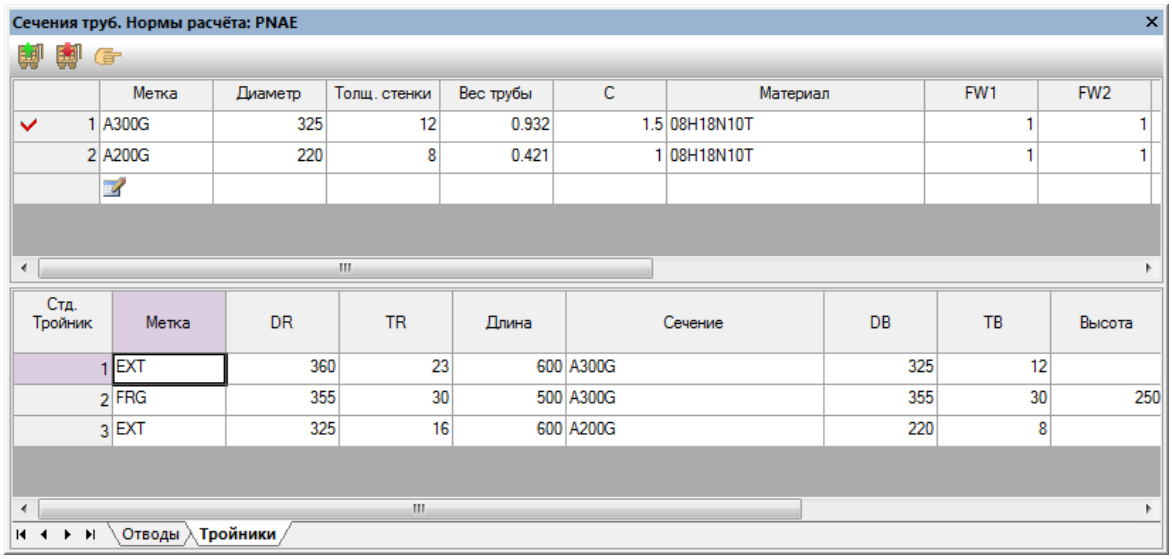
Арматура

	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

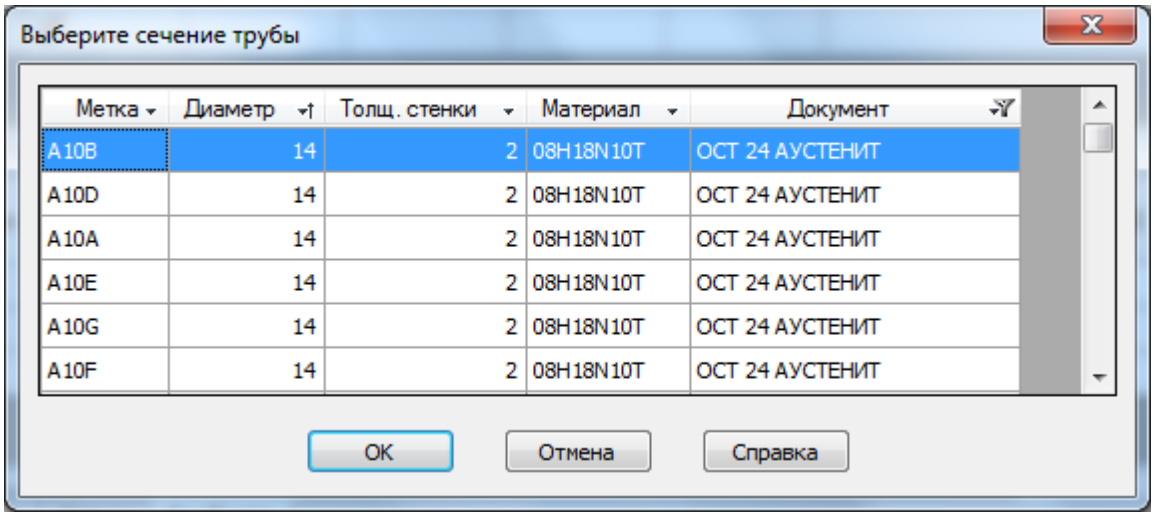
Окно также активируется при нажатии кнопки . Кнопка позволяет задать допускаемые нагрузки на патрубки арматуры (см. Приложение X). Для вызова индивидуального диалога для каждой арматуры используется пункт "свойства" контекстного меню таблицы (вызывается нажатием правой клавиши мыши)

Сечения труб – ввод характеристик поперечных сечений трубопровода (см. команду PIPE):

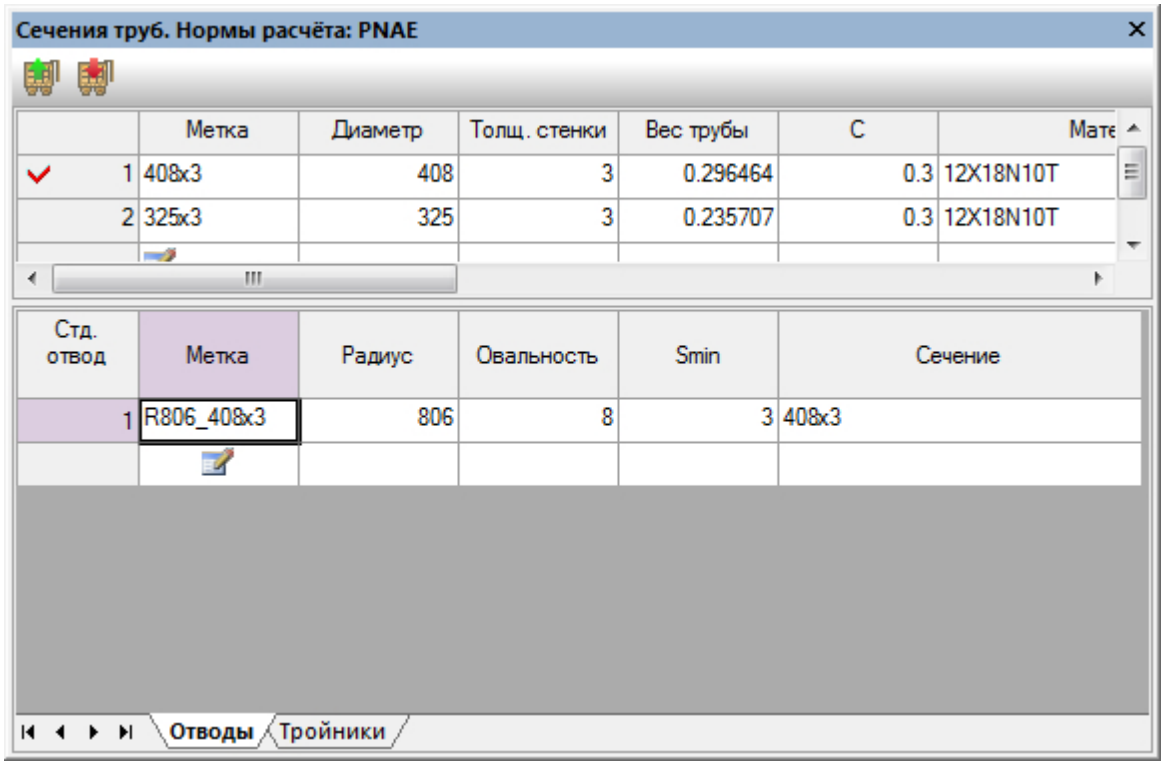
© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм



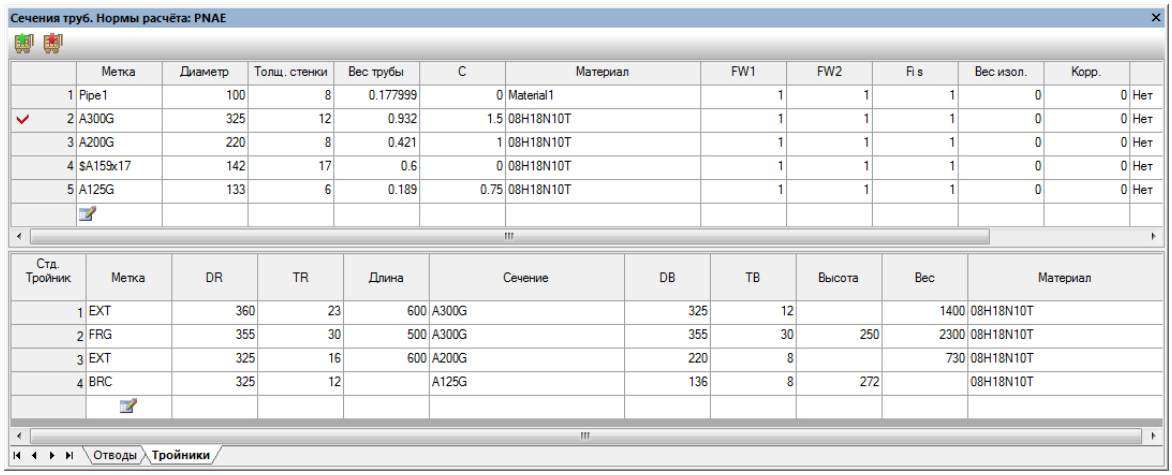
Окно активизируется также при нажатии кнопки . При работе с этой таблицей сечения можно добавлять из базы данных (pipe.dbs) (кнопка) или экспортировать в другую базу (кнопка):



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



И закладка "Тройники", которой соответствует подкоманда-параметр *TEE* :



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
2	KK	168000	0.5	0.5	1E+006	1.8E+009	8E+010	20
3	K2	84000	0.5	0.5	1E+006	8.8E+008	2.3E+009	10
4	k3	112000	0.5	0.5	1E+006	9.96E+009	3.91E+009	10
5	R1	8600	0.5	0.5	1E+006	1.269E+009	2.81E+009	8
6	SL9	20100	0.5	0.5	1E+006	4.23E+008	2.9E+008	2
7	HB	230000	0.5	0.5	1E+010	1.1E+012	1.3E+010	40

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 РМТ (см. команду МАТ):

Материалы. Нормы расчёта: RD

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

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

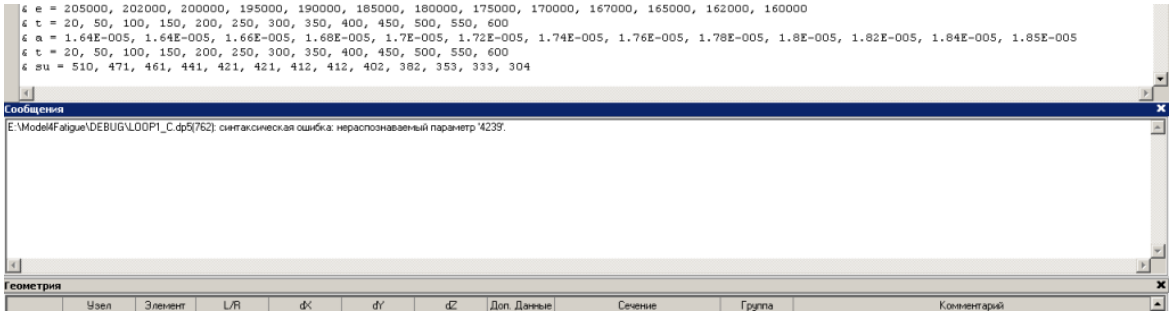
	T	A
1	10	1.15E-005
2	100	1.19E-005
3	200	1.25E-005
4	460	1.38E-005
5		

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

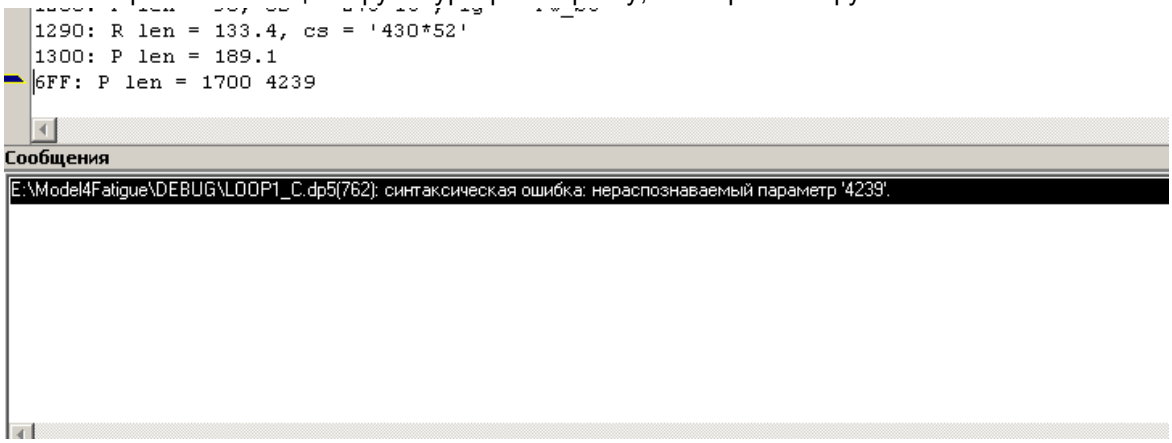
1 2

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

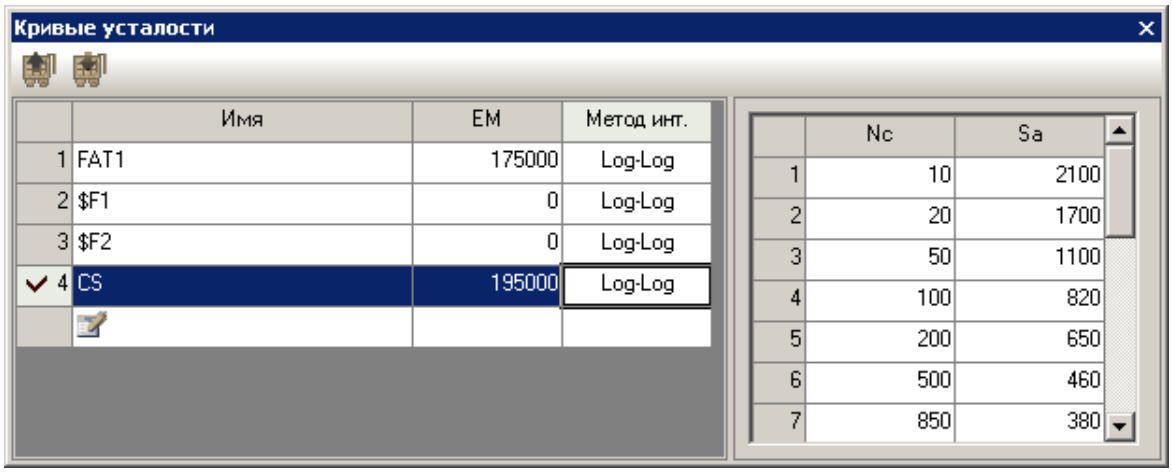
Окно "Сообщения" содержит информацию об ошибках, возникающих при чтении файла с ИД. Окно активизируется автоматически при возникновении ошибки:



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



Окно "Кривые усталости" содержит информацию о данных, необходимых для расчета на циклическую прочность (см. команду FAT). 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 "Данные для высокотемп. тр-дов" содержит информацию о данных, необходимых для расчета высокотемпературных трубопроводов (см. команду CREEP). Окно активизируется также при нажатии кнопки :

Данные для высокотемп. тр-дов

	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 :

Режимы работы

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

	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 KO - 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:

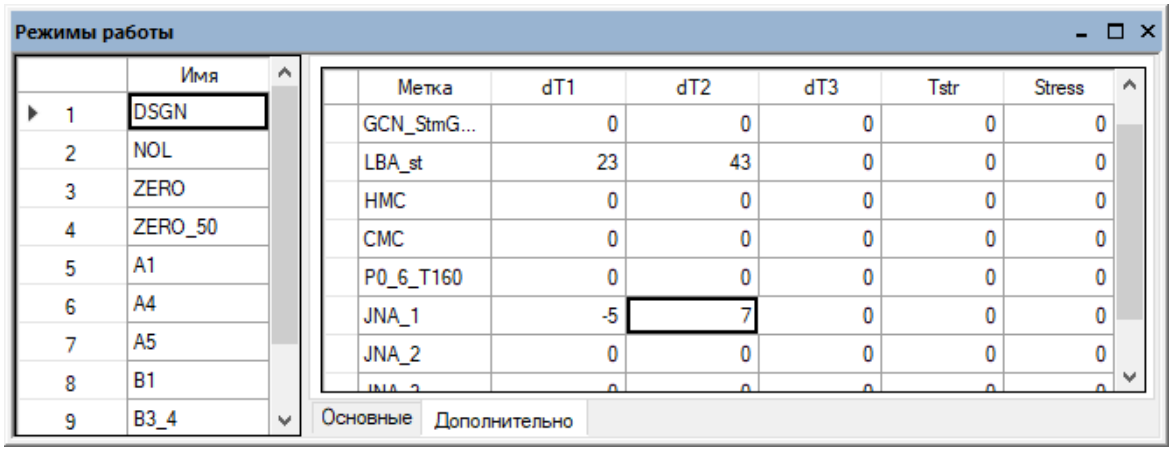
Режимы работы

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

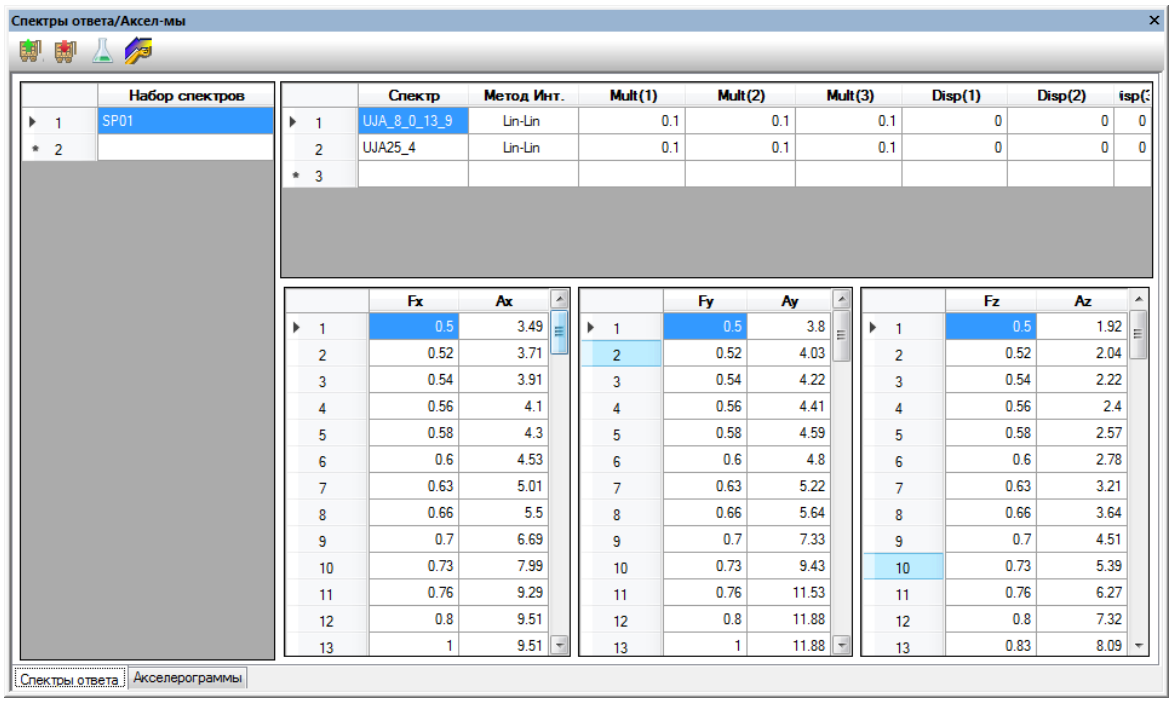
	Метка	P	T	CSG	INS	Tau
1	LG10	3.707	545	0	1	
2	LG11	3.707	545	0	1	100
3	LG20	3.707	493	0	1	100
4	LG21	0	20	0	1	
5	LG22	0	20	0	1	
6	LG30	3.707	250	0	1	
7	LG31	0	20	0	1	

Основные Дополнительно

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



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



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	☐	Да	☐	☐	☐	Определение рабочих нагрузок на пружины
LC2	OPER_A	MAX	W+P+T+D	Нет	☐	Да	☐	☐	☐	Расчет на полную нагрузку
LC3	OPER_B	$COLD	W+P+T+D	Нет	☐	Да	☑	☐	☐	Выбор пружин
LC4	OPER_B	MAX	W+P+T+D	Да	☑	Да	☑	☐	☐	ННУЭ(MAX)-Этап II (полная нагрузка)
LC5	SUST_C	MAX	W+P	Нет	☐	Реф.	☐	☐	☐	ННУЭ(MAX)-Этап I
LC6	OPER_B	$COLD	W+P+T+D	Да	☑	Да	☑	☐	☐	НУЭ(X)- Этап IV (холодная нагрузка)
LC7	MODAL	MAX		LC4	☐	Лин.	☑	☐	☐	Модальный анализ
LC8	OPER_B	HDR	W+P+T+D	Да	☑	Да	☑	☐	☐	HDR Этап II (полная нагрузка)
LC9	SUST_C	HDR	W+P	Нет	☐	Реф.	☐	☐	☐	HDR Этап I
LC10					☐		☐	☐	☐	

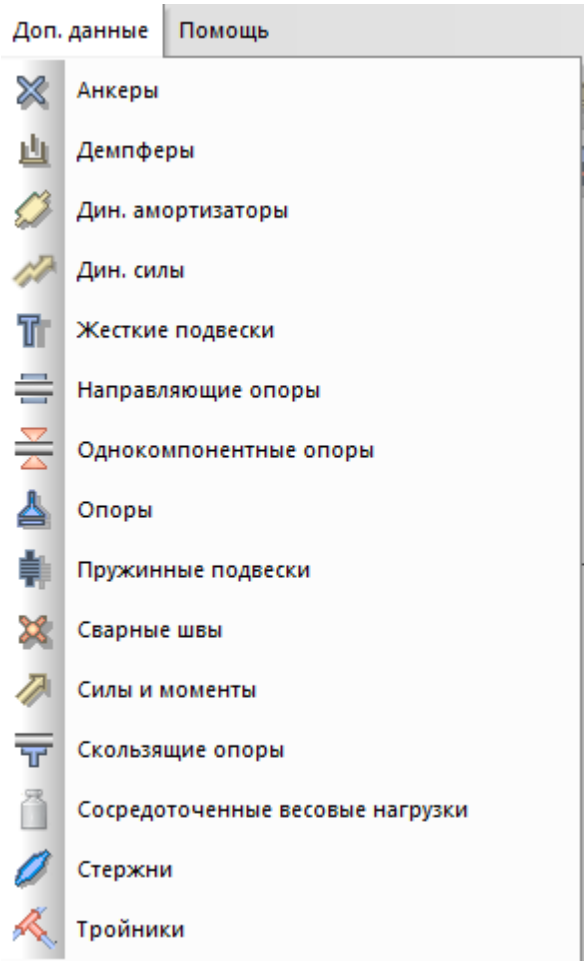
	Тип	Правило	Печать	Комбинация результатов	Комментарий
LS1	S2_NUE	SUM	☑	LC5	MAX Напряжения S2 (ННУЭ)
LS2	SRK	SUM	☑	LC4-LC6	MAX Напряжения Srk
LS3	SAF	SUM	☑	LC4-LC6	MAX Напряжения Saf
LS4	DISP	SUM	☑	LC5	Весовые перемещения
LS5	DISP	SUM	☑	LC4-LC6	MAX Видимые перемещения
LS6	SUPP	SUM	☑	LC4	ННУЭ(Гор)
LS7	SUPP	SUM	☑	LC6	НУЭ(Хол)
LS8	S2_MRZ	SUM	☑	LC5+LD1	MAX+Напряжения S2 (МРЗ), RSM
LS9	S2_PZ2	SUM	☑	LC5+0.5*LD1	MAX+Напряжения S2 (ПЗ), RSM
LS10	DISP	SUM	☑	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"**):

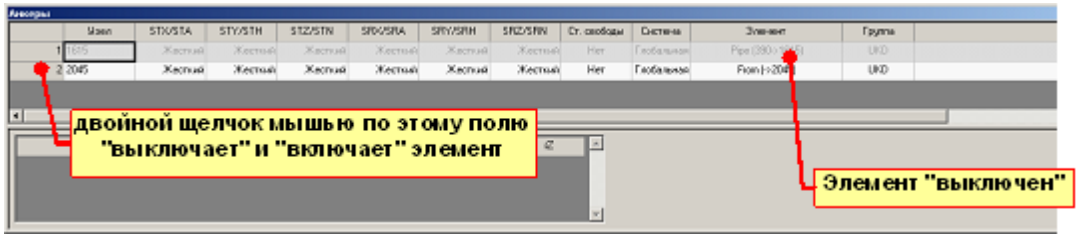


Ниже приведено соответствие между пунктами этого меню и командами dPIPE:

Анкеры	ANC
Весовые нагрузки	CW
Дин. амортизаторы	SNUB
Дин. силы	DFRC
Демпферы	DMP
Жесткие подвески	ROD
Направляющие опоры	STG, STG-
Однокомпонентные опоры	STS, SRS, STS+/-
Опоры	SUP
Пружинные подвески	SPR
Сварные швы	WLD
Силы и моменты	FOR
Скользящие опоры	STZ, STZ-
Стержни	STRT
Тройники	TEE

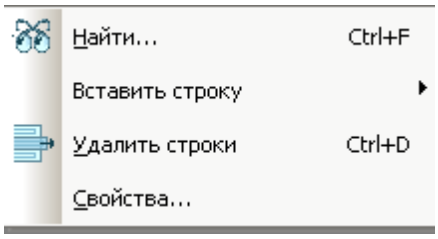
© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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 РМТ. Указанный способ работы удобен при проведении вариантных расчетов.

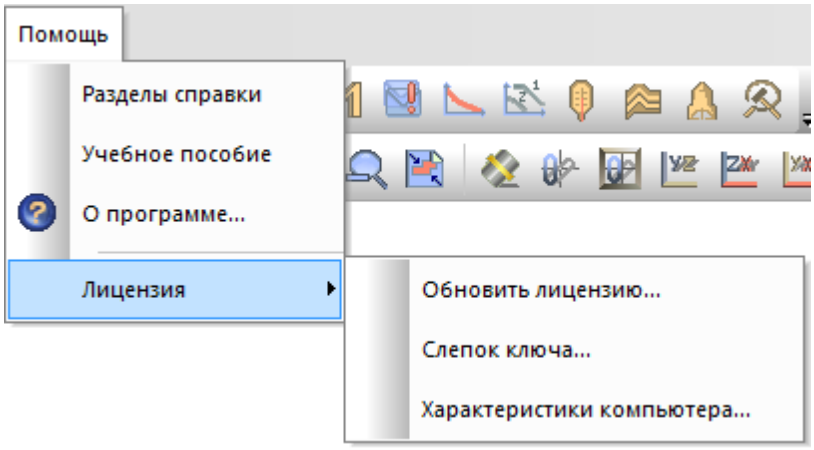
Дополнительные данные представляются в виде сводных таблиц, в которых отображаются наиболее существенные поля их свойств. Пунктом "Свойства" контекстного меню (вызывается щелчком правой клавиши мыши) в любой из таблиц с дополнительными данными позволяет открыть диалог с полными свойствами рассматриваемой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



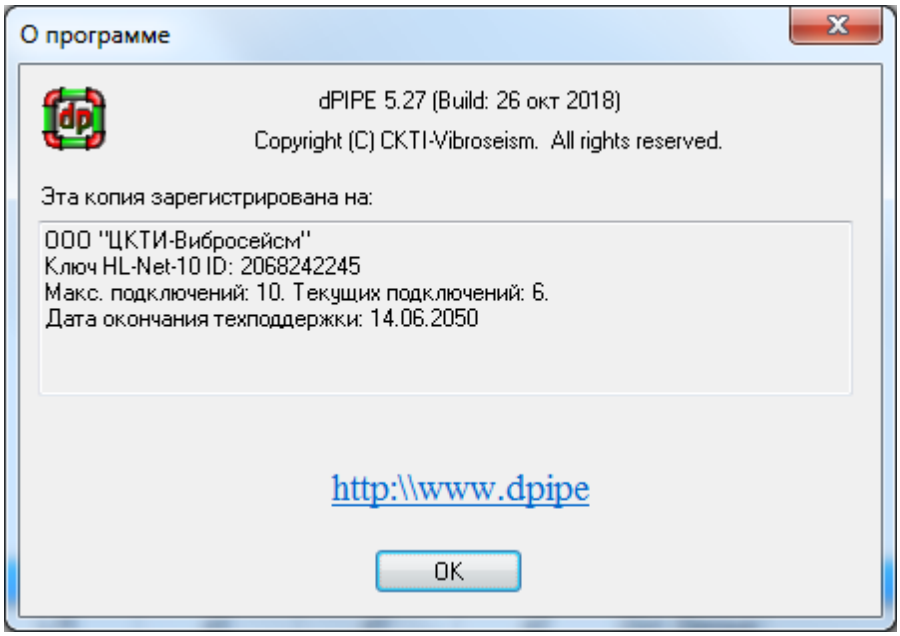
Содержимое сводных таблиц можно копировать в буфер обмена. По команде CTRL-C копируется только содержимое таблицы. По команде CTRL-Shift-C копируется содержимое таблицы вместе с заголовком таблицы. В буфер обмена попадают также и закомментированные (отключенные) элементы. В этом случае в последней колонке 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:
  a) допускается использовать только буквы латинского алфавита.
  b) 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 – ньютоны;
углы поворота: радианы или градусы, оговаривается в инструкции;
давление, напряжения: Н/мм^2 (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)

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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)

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

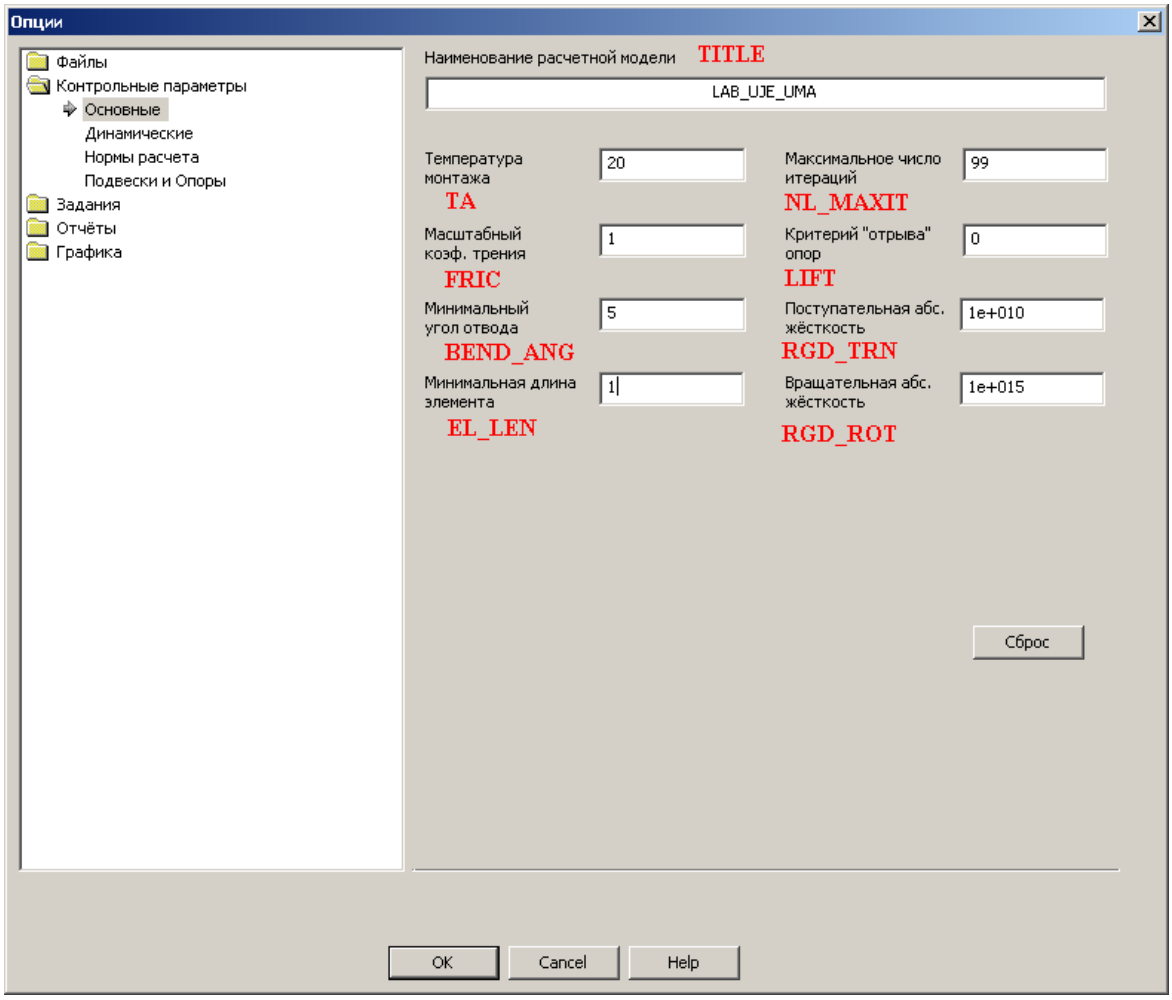
Параметры:

"text" заголовок для распечатки

тип:	STRING
единицы:	-
значение по умолчанию:	blank
область возможных значений:	-

```
Пример:     TITLE "Расчет трубопроводов питательной воды"
```

Контрольные параметры (CTRL)



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:	INTEGER
единицы:	-
значение по умолчанию:	см. табл. значения "по умолчанию"
область возможных значений:	от 1 до $1*10^7$

DYN признак выполнения динамического расчета

тип:	TEXT
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:	REAL
единицы:	Гц
значение по умолчанию:	33
область возможных значений:	>0

BEND_CODE нормативный учет коэффициента податливости для отвода

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	см. табл. значения "по умолчанию"
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:	REAL
единицы:	-
значение по умолчанию:	1
область возможных значений:	≥ 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:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	см. табл. значения "по умолчанию"
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:	REAL
единицы:	°C
значение по умолчанию:	20
область возможных значений:	от -50°C до +60°C

W_DEN плотность воды

тип:	REAL
единицы:	Н/мм^3
значение по умолчанию:	$9.80665*10^{-6}$
область возможных значений:	≥ 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:	REAL
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	$1*10^9$
область возможных значений:	≥ 0

RGD_ROT величина, соответствующая определению "абсолютно жесткий" (RIGID) для вращательных степеней свободы

тип:	REAL
единицы:	Н*мм/рад
значение по умолчанию:	$1*10^{14}$
область возможных значений:	≥ 0

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

тип:	REAL
единицы:	-
значение по умолчанию:	2
область возможных значений:	≥ 0

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

V_STF множитель для толщины стенки при моделировании арматуры

тип:	REAL
единицы:	-
значение по умолчанию:	3
область возможных значений:	≥ 1

NL_MAXIT максимальное число итераций при выполнении нелинейных расчетов

тип:	INTEGER
единицы:	-
значение по умолчанию:	99
область возможных значений:	≥ 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:	≥ 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:	≥ 0

NL_STOL пороговая величина деформации, после которой начинается проскальзывание опоры

тип:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0.1
область возможных значений:	≥ 0

GRAV размерная величина ускорения свободного падения

тип:	REAL
единицы:	мм/сек^2
значение по умолчанию:	9806.65
область возможных значений:	> 0

FREQ_TOL точность определения векторов собственных колебаний

тип:	REAL
единицы:	-
значение по умолчанию:	$1*10^{-5}$

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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: TEXT
единицы: -
значение по умолчанию: см. табл. значения "по умолчанию"
область возможных значений: 'HOT', 'REF'

CODE нормы расчета на прочность

тип: TEXT
единицы: -
значение по умолчанию: 'PNAE'
область возможных значений: 'PNAE', 'PNAE_T', 'RD', 'ASME_NC' , 'ASME_NB', 'EN', 'ASME_B311', *'NTD_ACI'*

параметр CODE определяет выбор Норм расчета на прочность:

- *'PNAE' – расчет низкотемпературных трубопроводов по Нормам ПНАЭ [REF 1] (CODE_YEAR = 1986) или расчет по ГОСТ Р 59115.9-2021 [REF 24] и ГОСТ Р 59115.15-2021, Приложение А [REF 25] при (CODE_YEAR = 2022);*
- *'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]*

CODE_YEAR год выпуска норм (редакция)

тип: INTEGER
единицы: -
значение по умолчанию: см. табл. значения "по умолчанию"
область возможных значений: ↓

<table>
<tr><td>CODE</td><td>PNAE</td><td>RD</td><td>ASME_NC</td><td>PNAE_HT</td><td>ASME_B314</td><td>ASME_NB</td><td>EN</td><td>ASME_B311</td><td>NTD_ACI</td></tr>
<tr><td rowspan="3">CODE_YEAR</td><td rowspan="2">1989</td><td rowspan="3">2001</td><td>1992</td><td rowspan="3">1989</td><td rowspan="3">2006</td><td>1992</td><td>2002</td><td rowspan="3">2008</td><td rowspan="3">2016</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2010</td><td rowspan="2">2010</td><td>2012</td></tr>
<tr><td>2022</td><td>2020</td></tr>
</table>

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 <= 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:	≥ 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 c, задаваемого командой CREEP, в коэффициент $c_Э$, 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"

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

область возможных значений: 'YES' или 'NO'

при SN_T = 'YES' – учитывается предел длительной прочности при вычислении номинальных допускаемых напряжений [σ] для напряжений категорий σ_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:	≥ 0

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

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

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 "¤".

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:	≥ 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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

область возможных значений: ≥ 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: ≥ 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: ≥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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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

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

при SL_PRES = 2:

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

тип: INTEGER
единицы: -
значение по умолчанию: см. табл. значения "по умолчанию"
область возможных значений: 1, 2

SA_LBRL способ вычисления допускаемых напряжений Sa для напряжений категории SE (напряжения от деформационных нагрузок, вызванных напр., температурными расширениями, CODE = 'ASME_B311').При SA_LBRL = 'NO':

Sa = f(1.25Sc + 0.25Sh)

При SA_LBRL = 'YES':

Sa = f(1.25Sc + 1.25Sh-SL)

где:
Sc – номинальные допускаемые напряжения для холодного состояния;
Sh - 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 несамоуравновешенных нагрузок (команда POST параметр RES = 'SL'). Опция срабатывает только в случае, если Sh > 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 ≤ 1

SH_140 опция для ограничения допускаемых напряжений Sh и/или Sc величиной 140 MPa, если величина предела временного сопротивления SU (команда MAT) превышает значение 480 МПа. При явном задании SU ограничение происходит по умолчанию. Если SU в свойствах материалов не определена, программа вычисляет напряжения Sh/Sc 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'

ARC_ANG минимально допустимый угол для элемента Отвод (2)

тип:	REAL
единицы:	градусы
значение по умолчанию:	*BEND_ANG*
область возможных значений:	> 0 ; <= 10°

RH_STF жесткость, использующаяся по умолчанию, для жестких подвесок и для заклиненных пружин при расчете на гидроиспытания (см. также тип расчета TEST в команде SOLV)

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

тип:	REAL
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	$1*10^5$
область возможных значений:	≥ 0

RH_PND признак учета маятникового эффекта для жестких подвесок в рамках выполнения динамических расчетов (команда SOLV, TYPE = 'MODAL'). Нагрузка, используемая для вычисления боковой жесткости подвески, определяется в расчете, номер которого указывается в параметре PEND команды SOLV.

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	'NO'
область возможных значений:	'YES', 'NO'

BEND_ANG минимально допустимый угол для элемента Отвод (1)

тип:	REAL
единицы:	градусы
значение по умолчанию:	5°
область возможных значений:	> 0 ; < 90°

TBRC_TOL допускаемый угол отклонения оси штуцера от 90°

тип:	REAL
единицы:	градусы
значение по умолчанию:	3°
область возможных значений:	> 0 ; < 90°

TRUN_TOL допускаемый угол отклонения элементов, составляющих корпус тройника от 180°

тип:	REAL
единицы:	градусы
значение по умолчанию:	3°
область возможных значений:	> 0 ; < 90°

RD_WLD_IV признак учета коэффициентов снижения прочности поперечных сварных швов на IV этапе поверочного расчета (используется только для для CODE = 'RD')

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	'YES'
область возможных значений:	'YES', 'NO'

SPR_SFPMIN коэффициент запаса по минимальной нагрузке. Используется при выборе пружин упругих опор/подвесок. С использованием этого коэффициента проверяется следующее соотношение: Рраб*(1 - SPR_SFPMIN*(PFAC-1)) ≥ Pmin

тип:	REAL
единицы:	-
значение по умолчанию:	1.0
область возможных значений:	0.0 ÷ 1.0

SPR_VARTOL контрольная величина изменяемости для выбора пружин. При выполнении условия PVAR < SPR_VARTOL выбор пружины прекращается, даже если не удовлетворяется условие по коэффициенту запаса.

тип:	REAL
единицы:	-
значение по умолчанию:	0.05
область возможных значений:	0.0 ÷ 0.1

SPR_TRTRAV 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:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	'NO'
область возможных значений:	'YES', 'NO'

SWING_SH признак учета маятникового эффекта для пружинных подвесок (SPR): '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_RH признак учета маятникового эффекта для жестких подвесок (RH): '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'

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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 использующихся 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'.

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	'CODE'
область возможных значений:	'CODE', 'NO', 'NB', 'PRG'

RD_E0330 опция для расчета допускаемых напряжений категории σ_2 (S2_NNUE, S2_MRZ, S2_PZ1, S2_PZ2, S2_HDR) в соответствие 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:	-

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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	PNAE_T	RD	ASME_NB	ASME_NC	EN	ASME_B311	ASME_B314
NC	3000	3000	3000	7000	7000	7000	7000	7000
BEND_CODE	PNAE/RD	PNAE/RD	PNAE/RD	ASME	ASME	ASME	ASME	ASME
BEND_PRES	YES	YES	YES	YES	NO	NO	NO	NO
E_MOD	HOT	HOT	HOT	HOT	REF	HOT	REF	REF
OVAL(3)	-	-	1,0,1	-	-	-	-	-
KS	-	-	1.4	-	-	-	-	-
WLD_CHK	-	YES	YES	-	-	-	YES	-
HI_E	-	0.6	-	-	-	-	-	-
SN_T	-	NO	-	-	-	-	-	-
PNAE_KE	NO	-	-	-	-	-	-	-
K_OL	-	-	-	-	-	1	1.15	-
BEND_PSTR	-	-	-	-	-	NO	NO	-
WLD_SUST	-	-	-	-	-	-	NO	-

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

SL_PRES	-	-	-	-	-	-	1	-
SA_LBRL	-	-	-	-	-	-	NO	-
BRN_RUN	-	-	0.77	-	-	-	1	-
SH_140	-	-	-	-	-	-	YES	-
RD_WLD_IV	-	-	YES	-	-	-	-	-
CODE_YEAR	1989	1989	2001	1992	1992	2012	2008	2006
TEE_RD	-	-	CODE	-	-	-	-	-
TEE_FLEX	CODE	CODE	CODE	CODE	CODE	CODE	CODE	CODE
RD_E0330	NO	-	-	-	-	-	-	-
E_MOD_EN	-	-	-	-	-	YES	-	-
EN_CORR[1)]	-	-	-	-	-	NO	-	-

Примечание:
[1)] 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:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров

EM[1)] модуль упругости, использованный при построении кривой усталости для перехода из деформаций в условные упругие напряжения.

тип:	REAL
единицы:	Н/мм^2
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 $1*10^{12}$. 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:

[1] При вычислении напряжений $(\sigma_{aF})_K$ расчетное значение напряжений умножается на величину (Em/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:	TEXT
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:	REAL
единицы:	°C
значение по умолчанию:	370
область возможных значений:	> 0.

Подкоманды-параметры:

T массив температур, для которых задаются данные.

тип:	REAL, 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:	REAL
единицы:	-
размерность:	массив от 1 до 32 элементов
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	$0 < Hi \leq 1$.

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

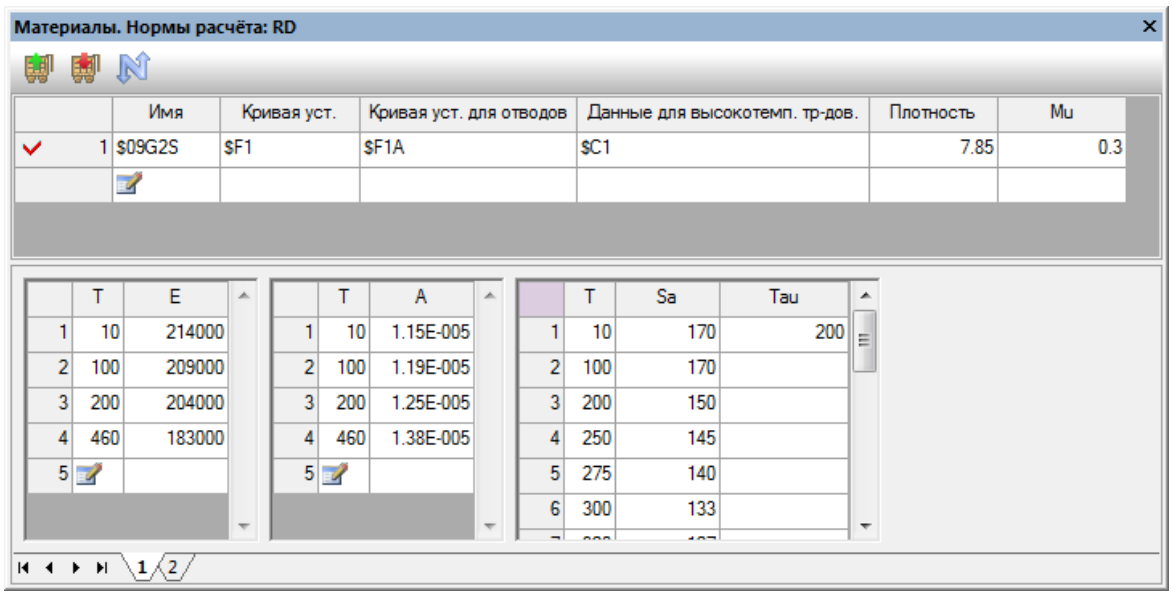
тип:	REAL
единицы:	-
размерность:	массив от 1 до 32 элементов
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	$0 < DELTA \leq 1$

Пример :

```
CREEP ID '1' T0 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
```

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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

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 ≤ MU ≤ 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: ≥ 0

Материал	m	n	Tmax (ºC)
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 допускаемых напряжений, введенных из Appendix A. Используется для норм CODE = 'ASME_B311'

тип: REAL
единицы: -
значение по умолчанию: 0.3
область возможных значений: 0 < JF ≤ 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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

класса. Тип материала используется при определении допускаемого 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/°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[3)] допускаемые напряжения

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

SOL[1)] 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[3)] 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 ≤ WLD ≤ 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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

на вычисление номинальных допускаемых напряжений для случайных нагрузок, рекомендуется использовать следующий подход, аналогичный процедуре, рекомендованной американскими нормами ASME B31.3 [REF 8]:

при T ≤ Тв, SOL = SA
*при T > Тв, Sol = 0.8 * (Syt/1.5),*

где:

T – рабочая температура, °C;
Тв – температура, соответствующая определению "высокотемпературный" трубопровод (п. 5.2.1.2 РД), °C;
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 ≤ 1.8 * SOL*

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

CODE	ID	FAT	FAT_B	CREEP	DEN	MU	M, N	TYPE	JF	E	A	SU	SY	SA	SOL	SR	WLD	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:

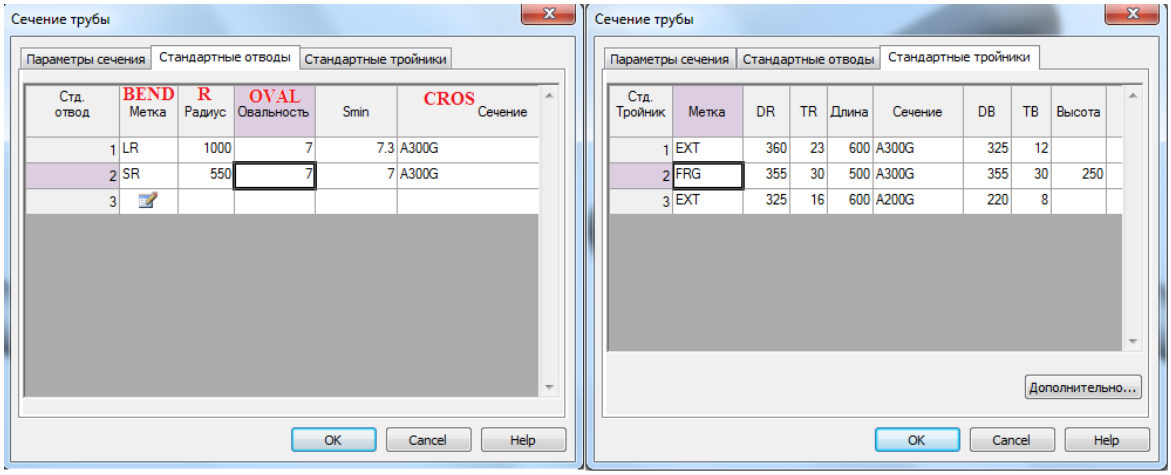
```
& T          -20   20 150 250 300 350 400 420 440 450 460 480 500 510 520 530 540 550 560 570 580
& SA[10]     173  173 173 166 159 152 145 142 139 138 136 133 130 120 112 100  88  80  72  65  59
& SA[100]    173  173 173 166 159 152 145 142 139 138 136 133 113 101  90  81  73  66  59  53  47
& SA[200]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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

W[1)] погонный вес трубы

тип:	REAL
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	$\pi*(OD-T)*T*DEN*W_DEN$
область возможных значений:	≥ 0

C[2)] 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)[3)] 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 ≤ 1

FI_S коэффициент снижения циклической прочности продольных сварных швов. (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 ≤ 1

IWGT[1)] погонный вес изоляции

тип:	REAL
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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 ≥ 0 если C ≥ 0, то T – (C+CORR) > 0, если C < 0, то T – (0.01*|C|*T + CORR) > 0

Подкоманда-параметр

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

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

Параметры подкоманды:

R радиус отвода.

тип:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	> 0

OVAL эллиптичность (овальность) поперечного сечения

тип:	REAL
единицы:	%
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$0 \le OVAL \le 100$

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

тип:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	T - C
область возможных значений:	$SMIN - corr > 0$

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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	имя 'ID' основной команды PIPE
область возможных значений:	имя должно совпадать с ранее определенными именами сечений.

Подкоманда-параметр

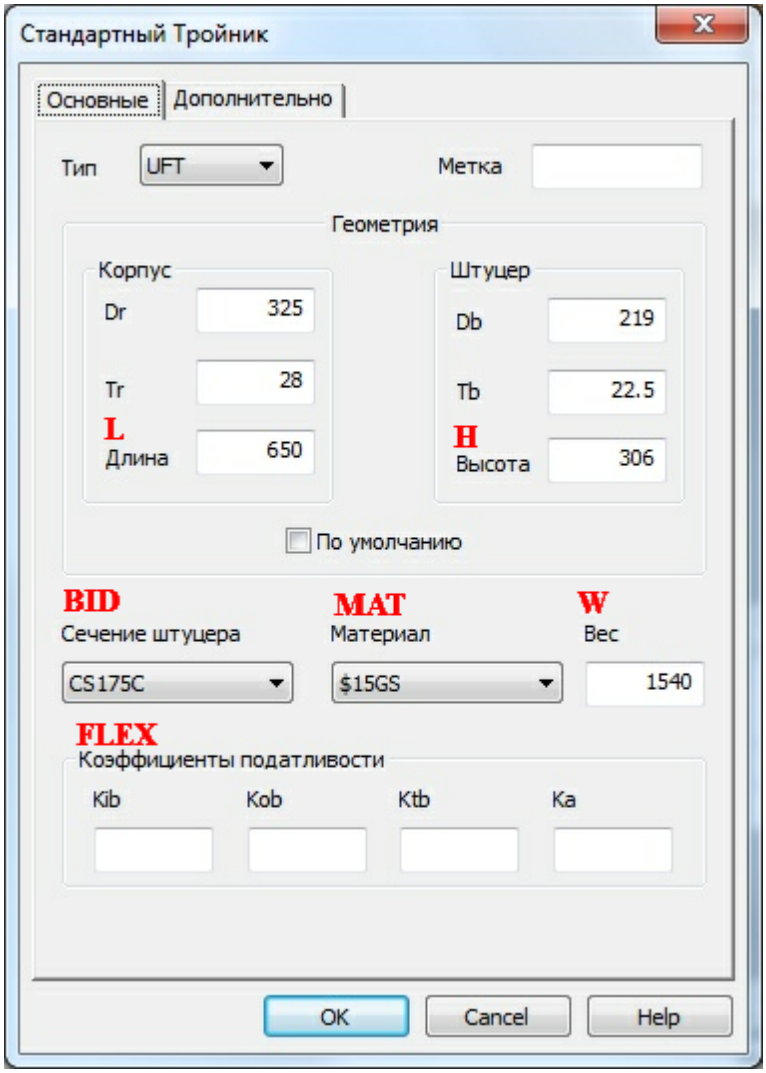
TEE[4)] идентификационное имя тройникового или штуцерного соединения. Используется для задания исходных данных для "стандартных" тройников, сопрягаемых с текущим сечением трубопровода.

тип:	TEXT
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[$...]', где TYPE предопределенный тип тройника, он зависит от Норм и может принимать следующие значения: BRC, WLT, RFT, UFT, EXT, SOL, WOL, FWB. Вторая часть имени, начинающаяся с «$», опционная. 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):



BID 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:	H
значение по умолчанию:	Если определены H или L, то: W = w_r*L + w_b*(H-DR/2), где: w_r = MAX(π*(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 = MAX(π*(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:	≥ 0

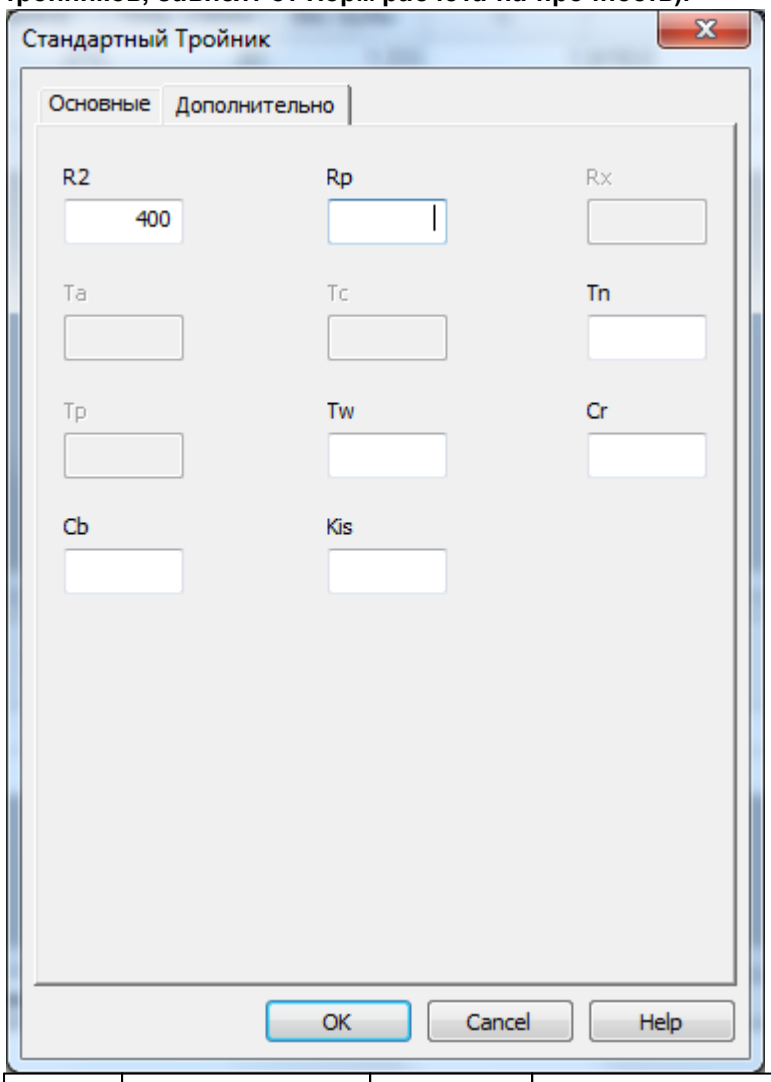
MAT ссылочное идентификационное имя материала, из которого изготовлен тройник (см. команду MAT)

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:	≥ 0

Дополнительные параметры подкоманды (совместимы лишь с отдельными типами тройников, зависят от Норм расчета на прочность):



Тип тройник	Описание	Нормы	**дополнительные параметры**

			R2	RP	RX	TA	TC	TN	TP	TW	CR	CB	KIS
WLT	Welding tee per ASME B16.9 (штампованные тройники)	NB, NC, B311, EN			X		X			X	X	X	X
RFT	Reinforced fabricated tee (тройники сварные с накладкой)	NC, B311, EN		X					X	X	X	X	X
UFT	Unreinforced fabricated tee (тройники сварные)	NC, B311, EN	X	X				X		X	X	X	X
BRC	Branch connection (штуцерные соединения)	NB, NC, B311, EN	X	X				X		X	X	X	X
EXT	Extruded outlet (тройники с вытянутой горловиной)	B311			X	X	X			X	X	X	X
WOL	Branch welded-on fitting/Weldolet	B311		X						X	X	X	X
SOL	Welded-in contour insert/Sweepolet	B311			X		X			X	X	X	X
FWB	Fillet welded and partial penetration welded branch connections	NC-2010		X				X		X	X	X	X
-		PNAE, PNAE_HT, 'NTD_ACI'								X	X		X
-		RD									X	X	

1) Тип тройника определяется его идентификационным именем;
2) 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)
3) См. также Приложение XIV

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 '133x14' OD 133 T 14 C -5 MAT   '08H18N10T' CORR 1.  FW  0.7 1
&  BEND  ' R 175'  R  175
```

Характеристики балочных сечений (BEAM)

Тип: общая однострочная команда

Функция: определение характеристик поперечных сечений балочных элементов.

Параметры:

ID идентификационное имя сечения.

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

AX площадь поперечного сечения

тип:	REAL
единицы:	мм^2
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	> 0

SY[2)] коэффициент сдвига по оси Y (при SY = 0 сдвиг не учитывается)

тип:	REAL
единицы:	-
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

SZ[2)] коэффициент сдвига по оси Z (при SZ = 0 сдвиг не учитывается)

тип:	REAL
единицы:	-

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

значение по умолчанию: 0
область возможных значений: ≥ 0

IX момент инерции на кручение

тип: REAL
единицы: мм^4
значение по умолчанию: -
область возможных значений: > 0

IY момент инерции сечения относительно оси Y

тип: REAL
единицы: мм^4
значение по умолчанию: -
область возможных значений: > 0

IZ момент инерции сечения относительно оси Z

тип: REAL
единицы: мм^4
значение по умолчанию: -
область возможных значений: > 0

W[3)] погонный вес

тип: REAL
единицы: Н/мм
значение по умолчанию: 0
область возможных значений: ≥ 0

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.

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

тип: REAL
единицы: мм
значение по умолчанию: 0
область возможных значений: ≥ 0

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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

тип:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

TYPE тип сечения (для отображения в Pipe3DV)

тип:	TEXT
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 Sy и Sz). 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:*

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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[1)] идентификационное имя режима работы трубопровода.

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

TAU[4)] расчетный ресурс работы

тип:	REAL

единицы:	тыс. часов
значение по умолчанию:	200
область возможных значений:	≥ 0

Подкоманда-параметр

LG[2)] имя нагрузочной группы трубопровода, т.е. группы элементов с одинаковыми рабочими параметрами

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

Параметры подкоманды:

P внутреннее давление

тип:	REAL
единицы:	МПа
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

T температура

тип:	REAL
единицы:	°C
значение по умолчанию:	TA (см. команду CTRL)
область возможных значений:	-

CSG[3)] плотность среды

тип:	REAL
единицы:	в долях от плотности воды (для воды DEN = 1)
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

INS[3)] признак наличия изоляции

тип:	REAL
единицы:	в долях от веса изоляции соответствующего сечения трубопровода (см. параметр IWGHT, команда PIPE)
значение по умолчанию:	1
область возможных значений:	≥ 0

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

TAU[4)] расчетный ресурс работы

тип:	REAL
единицы:	тыс. часов
значение по умолчанию:	*TAU* (параметр команды)
область возможных значений:	≥ 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 (Class1) [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:	TEXT
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:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров

Параметры подкоманды:

DT1 линейная часть температурного градиента по толщине стенки

тип:	REAL
единицы:	°C
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	–

DT2 нелинейная часть температурного градиента по толщине стенки

тип:	REAL
единицы:	°C
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	–

STRAT линейная часть температурного градиента по высоте сечения вследствие эффекта стратификации

тип:	REAL
единицы:	°C
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	–

DT3 нелинейная часть температурного градиента по высоте сечения вследствие эффекта стратификации

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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': ΔT_1, ΔT_2, STRAT и ΔT_3; CODE = 'PNAE' и CODE = 'PNAE_T': STRESS, STRAT и ΔT_3, параметр STRAT может использоваться при расчете по любым Нормам.*

2) *Определение и способы вычисления величин ΔT_1 и ΔT_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 ΔT_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:	TEXT
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:	TEXT
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:	REAL
единицы:	мг/кг
значение по умолчанию:	KO
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:	TEXT
единицы:	-

значение по умолчанию:	'OST80'
область возможных значений:	соответствующие величины, прописанные в файле SH.DBS (см. Приложение VI), напр.: 'MVN63', 'OST80', 'OST93', 'LISEGA')

PVAR коэффициент изменения нагрузки

тип:	REAL
единицы:	-
значение по умолчанию:	0.35
область возможных значений:	0 ≤ PVAR ≤ 1

PFAC коэффициент запаса по нагрузке

тип:	REAL
единицы:	-
значение по умолчанию:	1.3
область возможных значений:	≥ 1

ZMAX максимальная структура цепи

тип:	INTEGER
единицы:	-
значение по умолчанию:	(2)
область возможных значений:	≥ 1

ZMIN минимальная структура цепи

тип:	INTEGER
единицы:	-
значение по умолчанию:	1
область возможных значений:	1 ≤ ZMIN ≤ ZMAX;

Примечания:

1) Команда SDEF инициализирует данные, использующиеся 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:	TEXT, 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:	TEXT
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:	INTEGER
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:	REAL
единицы:	-
значение по умолчанию:	1, 1, 1
область возможных значений:	≥ 0

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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:	≥ 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.

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

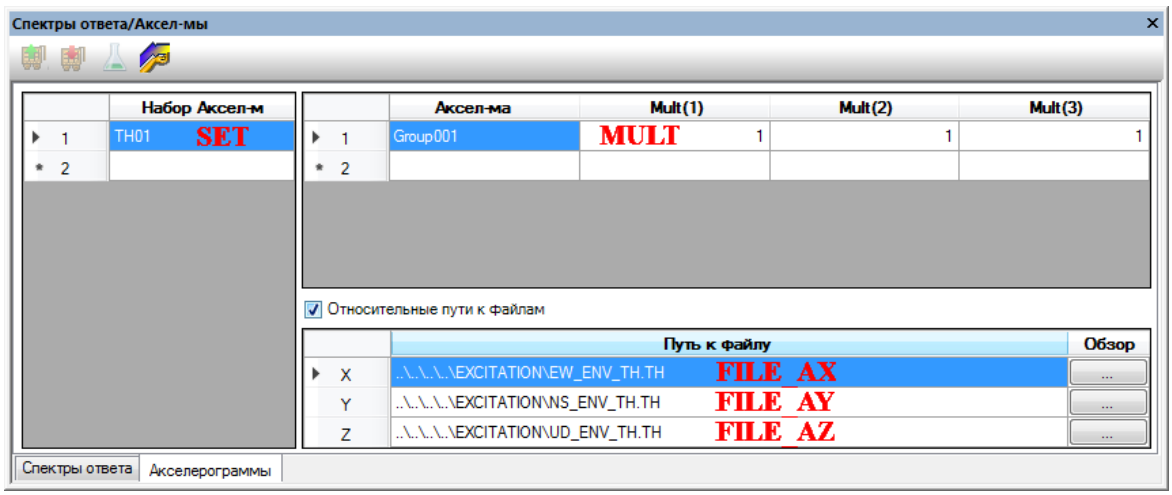
```
SPEC group = '03_60', int = 0, mult = 0.049, 0.049, 0.049, disp = 0, 0,
0
& file_sx = ".\SPECTRA\03.60_Y_SSE.DAT"
& file_sy = ".\SPECTRA\03.60_X_SSE.DAT"
& file_sz = ".\SPECTRA\03.60_Z_SSE.DAT"
```

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 \
```

```
        1.745     1.725     0.982     0.982     0.777     0.669     0.669     0.578
0.483 \
        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 (ACCE)



Тип: общая многострочная команда

Функция: задание акселерограмм сейсмического воздействия

Параметры:

SET идентификационное имя набора акселерограмм. Для каждого набора вводятся отдельные команды ACCE. 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:	≥ 0

Подкоманды-параметры

FILE_AX[2)] имя файла, содержащего оцифровку акселерограммы[2)] для направления X

тип:	STRING
единицы:	-
значение по умолчанию:	blank
область возможных значений:	см. ограничения для строчных значений параметров. Длина строки не должна превышать 128 символов.

FILE_AY имя файла, содержащего оцифровку акселерограммы для направления Y

тип:	STRING
единицы:	-
значение по умолчанию:	blank
область возможных значений:	см. ограничения для строчных значений параметров. Длина строки не должна превышать 128 символов.

FILE_AZ имя файла, содержащего оцифровку акселерограммы для направления Z

тип:	STRING
единицы:	-
значение по умолчанию:	blank
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
```

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

```
& 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:

NAME наименование расчета

тип:	STRING
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:

TYPE тип расчета.

тип:	TEXT
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)

MOD 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, 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 OPVAL

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

LOAD спецификация для нагрузочного вектора

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

PEND признак учета маятникового эффекта в упругих и жестких подвесках (см. также Примечание **)

тип: TEXT
единицы: -
значение по умолчанию: 'NO'
область возможных значений: 'YES', 'NO'

FRIC ключ для учета сил трения в опорах

тип: TEXT
единицы: -
значение по умолчанию: 'NO'
область возможных значений: 'YES', 'NO'

NLS[3)] способ учета нелинейных опор

тип: TEXT
единицы: -
значение по умолчанию: 'YES'
область возможных значений: 'YES', 'REF'

HNG_STF признак учета жесткости пружинных подвесок

тип: TEXT
единицы: -
значение по умолчанию: 'YES'
область возможных значений: 'YES', 'NO'

PE признак учета осевых деформаций от давления (см. Приложение IX)

тип: TEXT
единицы: -
значение по умолчанию: 'NO'
область возможных значений: 'YES', 'NO'

NOTE обозначение

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

тип:	STRING
единицы:	-
значение по умолчанию:	blank
область возможных значений:	см. ограничения для строчных значений параметров

Примечания:

1) Стандартные типы расчета предполагают предопределенными 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
OPER_R	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.

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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:	**DSGN**	**OPER_A**	**OPER_B**	**OPER_R**	**SUST_A**	**SUST_C**	**MODAL**	**TEST**	**TEST_B**	**SAM**	-
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	RGD_SPR	NO	YES	YES	NO	NO	YES	RH_STF	YES/RH_STF	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);

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

(**) 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 предопределенных 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	☐	TH	
LD2									☐		

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:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	DYN
область возможных значений:	'RSM', 'THA'

LC ссылка на модальный расчет, определенный в команде SOLV

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	LC должен быть описан в предшествующей команде

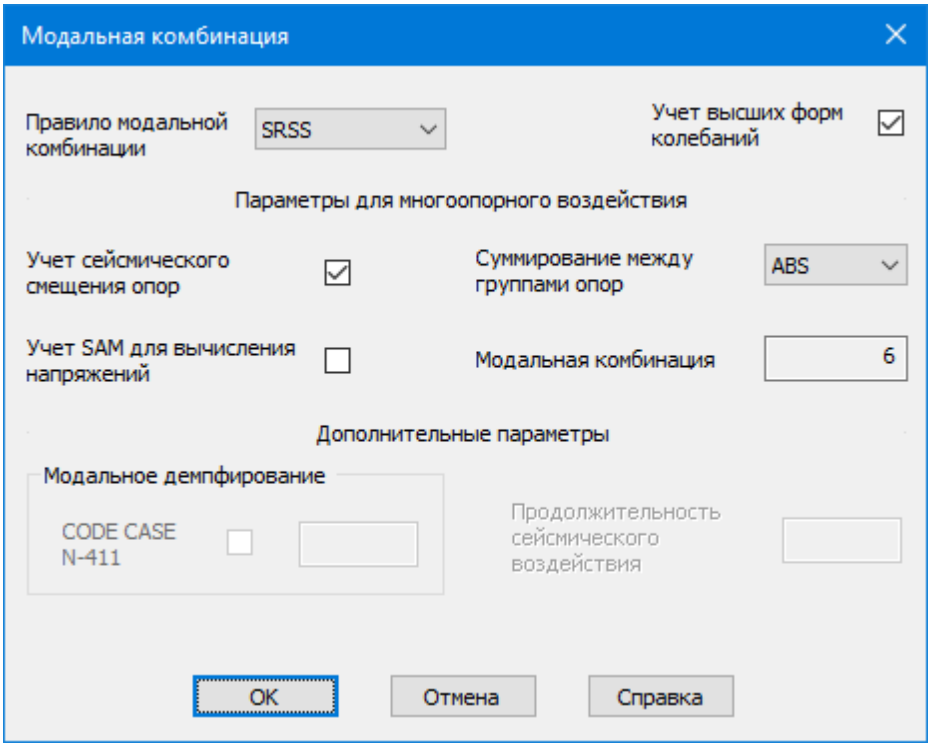
INP ссылка на набор динамических воздействий, определенных в параметре SET команд SPEC/ACCE/DFRC

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	набор должен быть описан одной из предшествующих команд

MCOM тип модальной комбинации сейсмических откликов

тип:	INTEGER
единицы:	-
значение по умолчанию:	2

Параметр MCOM 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	
Параметры для многоопорного воздействия:		
Учет сейсмического смещения опор (SAM)	да/нет	
Учет SAM для вычисления напряжений	да/нет	
Суммирование между группами опор	ABS/SRSS	
Дополнительные параметры[1)]		
Модальное демпфирование (DK), в долях от критического	0.05	при DK = -1 предполагается модальное демпфирование по Code Case N-411
Продолжительность сейсмического воздействия (TT), 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. МСОМ)

тип:	REAL
единицы:	сек
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

DEL шаг интегрирования

тип:	REAL
единицы:	сек
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 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:	REAL
единицы:	сек
значение по умолчанию:	DEL
область возможных значений:	≥ 0

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

тип:	REAL
единицы:	-
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	0 ≤ DK ≤ 1

THA_STRS способ вычисления напряжений в элементах трубопровода при выполнении расчета по МДА (DYN='THA')

тип:	TEXT
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 THA_STRS = 'TH'. В последнем случае, напряжения отыскиваются для каждого шага интегрирования и в распечатке указываются максимальные величины. THA_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 THA_STRS = 'TH' в распечатках с результатами отображаются либо максимальные величины по отдельным пространственным компонентам, либо величины, соответствующие моменту времени, когда ККСКкорень квадратный из суммы квадратов *по трем пространственным направлениям достигает максимума. Подробности приведены в следующей таблице:*

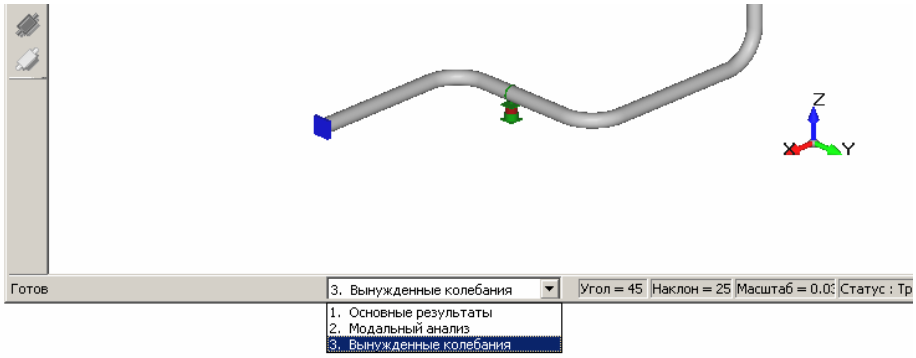
выводимая величина	*максимум*
напряжения S2_MRZ, S2_PZ1, S2_PZ2, S_I_PZ (нормы ПНАЭ и РД)	*рассчитываются на каждом временном шаге, печатаются максимальные за все время воздействия*
напряжения EQ9_B, EQ9_C, EQ9_D, SGM2, SOL (нормы ASME NB/NC, B31.1, EN)	*рассчитываются для момента времени, когда* $M=\sqrt{(M_x^2+M_y^2+M_z^2)}$ *достигает максимума*
внутренние усилия для элементов типа PIPE, BEND, REDU	*все 6 компонент усилий выводятся для момента времени, когда* $M=M=\sqrt{(M_x^2+M_y^2+M_z^2)}$ *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 (ККСКкорень квадратный из суммы квадратов) и для вертикального направления*

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

THA_AVI признак вывода анимации вынужденных колебаний при выполнении расчета по МДА (DYN='THA')

тип:	TEXT
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:	STRING
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 =

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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. Например, для S1 из LS4 допускаемые напряжения будут приняты для комбинации нагрузок НЭ + ПЗ, т.е. 1.2[σ])
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. Приложение V)
SAF	напряжения категории SAF **(Реферативный набор результатов должен содержать два аргумента!!!)**
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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

CODE = 'ASME_NB':

EQ9_DC	напряжения от проектного давления и проектных механических нагрузок, "проектные условия", уравнение (9) NB-3652
EQ9_B	напряжения от давления и механических нагрузок, совместимых с уровнем B, уравнение (9) NB-3654
EQ9_C	напряжения от давления и механических нагрузок, совместимых с уровнем C, уравнение (9) NB-3655
EQ9_D	напряжения от давления и механических нагрузок, совместимых с уровнем D, уравнение (9) NB-3656
EQ10	размах напряжений, возникающий при переходе системы из одного состояния в другое, уравнение (10), NB-3653.1
EQ11	пиковые напряжения, возникающий при переходе системы из одного состояния в другое, уравнение (11), NB-3653.2
EQ12	упрощенный упруго-пластический анализ. Напряжения от температурных расширений, уравнение (12), NB-3653.6-a
EQ13	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':

SGM1	напряжения от постоянных нагрузок, уравнение (12.3.2-1)
SGM1T	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 ST)
SGM2	напряжения от постоянных и случайных или экстремальных нагрузок, уравнение (12.3.3-1)
SGM3	размах напряжений от нагрузок, возникающих при переходе системы из одного состояния в другое, уравнение (12.3.4-1)
SGM4	размах напряжений от постоянных (вес+давление) и переменных нагрузок, уравнение (12.3.4-2)
SGM5	размах напряжений для проверки условий наступления ползучести, (12.3.5-1)
SGM6	напряжения от неповторяющихся одиночных смещений опор, уравнение (12.3.6-1)

CODE = 'ASME_B311':

SL	напряжения от постоянных нагрузок (Stress due to sustained loads)
SOL	напряжения от постоянных и случайных или экстремальных нагрузок
SE	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.

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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 кованой) величина [σ] принимается равной: [σ] = $\sigma_{0,2}$/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*[σ], где номинальные допускаемые напряжения [σ] 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;*

'RANGE' *перебор с нахождением максимальной разницы.*

'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_SRSS *комбинация результатов по "сейсмическому" правилу SRSS: 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» сейсмики в уровень общих напряжений:*

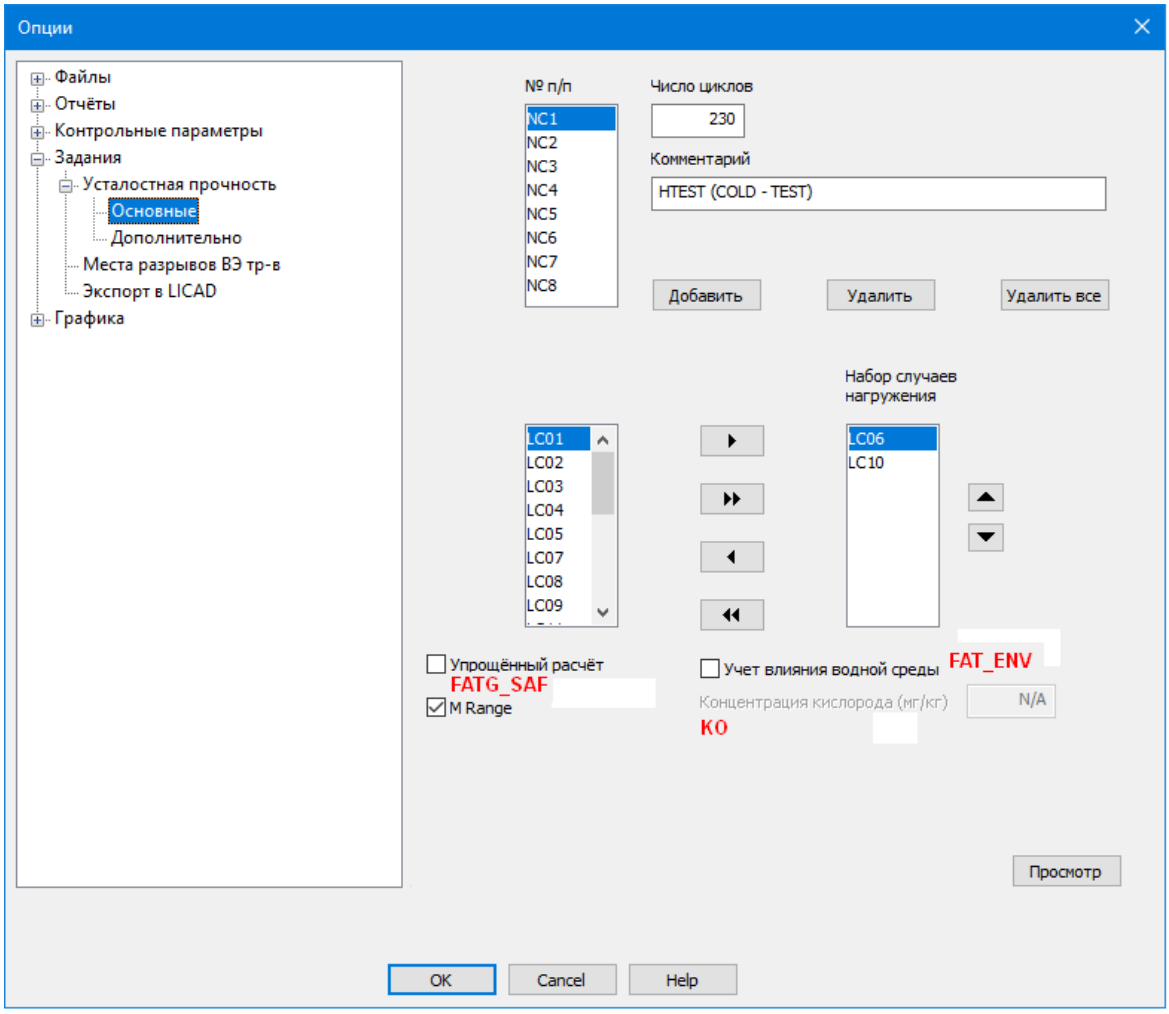
*& res = 'S2_MRZ', ls = "**0***LC2+LC4", note = "Напряжения S2 (МРЗ)" ; LS4*

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[1)].

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

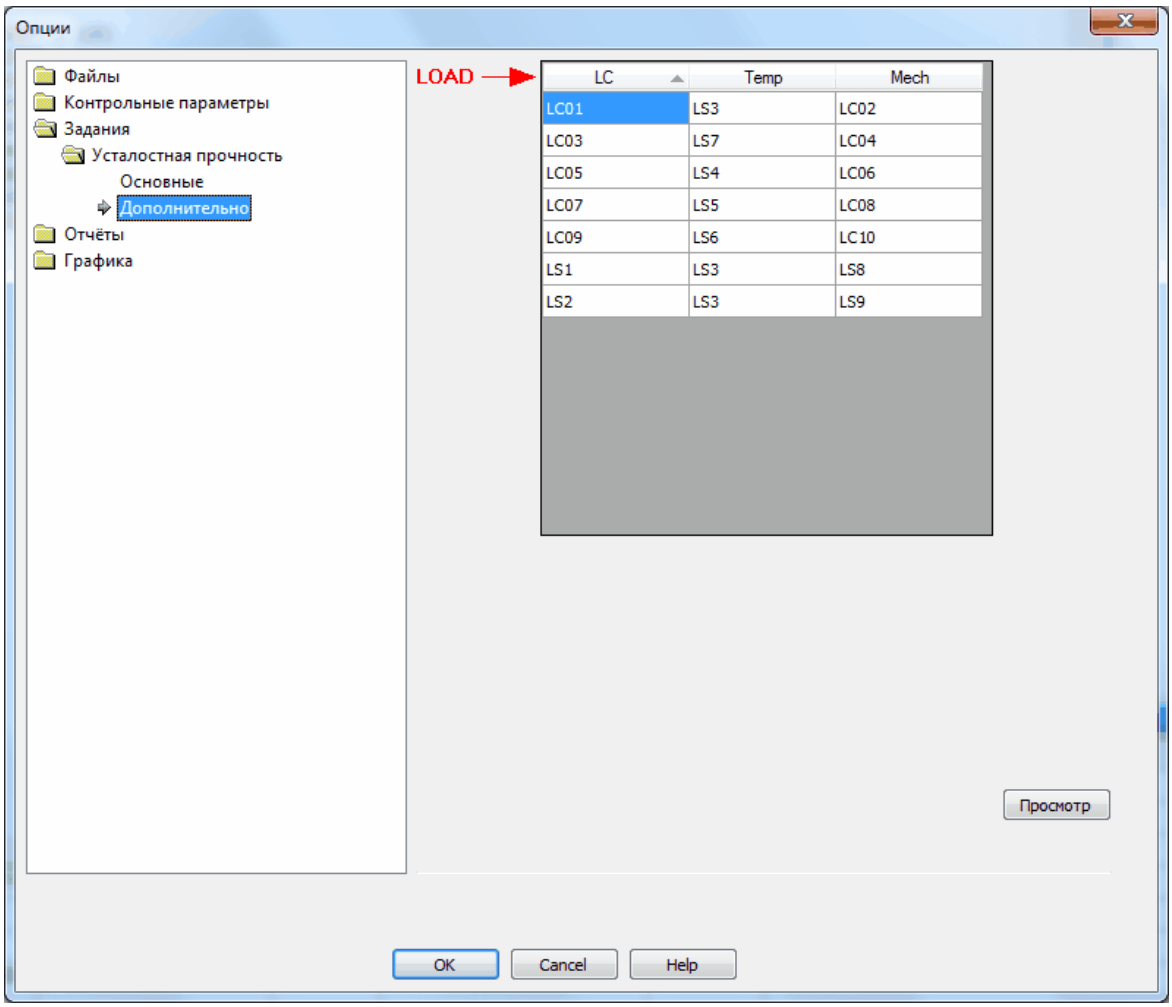
тип: TEXT
единицы: -
значение по умолчанию: -
область возможных значений: случаи нагружения, предварительно описанные в команде SOLV.

NOTE обозначение

тип: STRING
единицы: -
значение по умолчанию: blank
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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_ACI'). 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_HELB)

Команда POST_HELB 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:

CUF

критериальная величина накопленного повреждения для определения мест постулированных разрывов ВЭ трубопроводов (при выполнении расчетов по Нормам EN или ASME NC не используется)

тип:	REAL
единицы:	-
значение по умолчанию:	0.4
область возможных значений:	>0; < 1

RUPTURE

коэффициент, стоящий при сумме допускаемых напряжений, использующихся для определения условия возникновения поперечного или продольного разрыва

тип:	REAL
единицы:	-
значение по умолчанию:	0.8
область возможных значений:	>0; <= 1

CRACK

коэффициент, стоящий при сумме допускаемых напряжений, использующихся для определения условия образования сквозной трещины

тип:	REAL
единицы:	-
значение по умолчанию:	0.5*RUPTURE
область возможных значений:	>0; < 1

MECH_LS

ссылка на набор результатов (Load Set, команда POST), в котором, в зависимости от Норм, вычисляются напряжения либо от комбинации нагрузок НЭ + ПЗ (EN, ASME_NC), либо размах напряжений, исключающий нагрузки от самокомпенсации (ПНАЭ, ASME_NB):

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	для Норм ‘PNAE’: LS для S2_PZ1, S2_PZ2, для Норм ASME_NC: LS для EQ9_B для Норм /ASME_NB: LS для EQ13

RANGE_LS

ссылка на набор результатов (Load Set, команда POST), в котором определен максимальный размах напряжений при переходе системы из одного рабочего состояния в другое

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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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.)

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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 возможных значений:	'G' (глобальная с.к.) , 'L' (локальная с.к.)

SUP_CRD

признак печати глобальных координат точек опорно-подвесной системы трубопровода в результирующих таблицах

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	'NO'
область возможных значений:	'YES', 'NO'

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 возможных значений:	'YES', 'NO'

SKIP_OUT

признак автоматического исключения участков трубопровода с меткой SKIP_STR, из всех распечаток результатов

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	'NO'
область возможных значений:	'YES', 'NO'

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[2].

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[2].

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[2].

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[2].

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	случаи нагружения, предварительно описанные в команде SOLV, а также набор результатов типа "FORC" (команда POST)

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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(2).

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)

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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 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)

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 возможных значений:	ссылка на ранее описанный командой POST набор результатов (LS), типа: SRK, S_III, EQ10, 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 *.dp5 в среде DDE преобразует данные в описанный выше формат:

```
SUP_LOADS  table = "LISEGA 2010RS"
&  mode = 'НУЭ', load = 'LC1'
&  mode = 'НУЭ+МРЗ', 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+МРЗ', load = 'LS3'
SUP_LOADS  table = "НП-068-05-МРЗ"
&  mode = 'Вес', load = 'LC5'
&  mode = 'Температура', load = 'LC4'
&  mode = 'Вес+МРЗ', 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:	≥ 0°; ≤ 30°

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:

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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*
STRICT – *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 предопределенный 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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

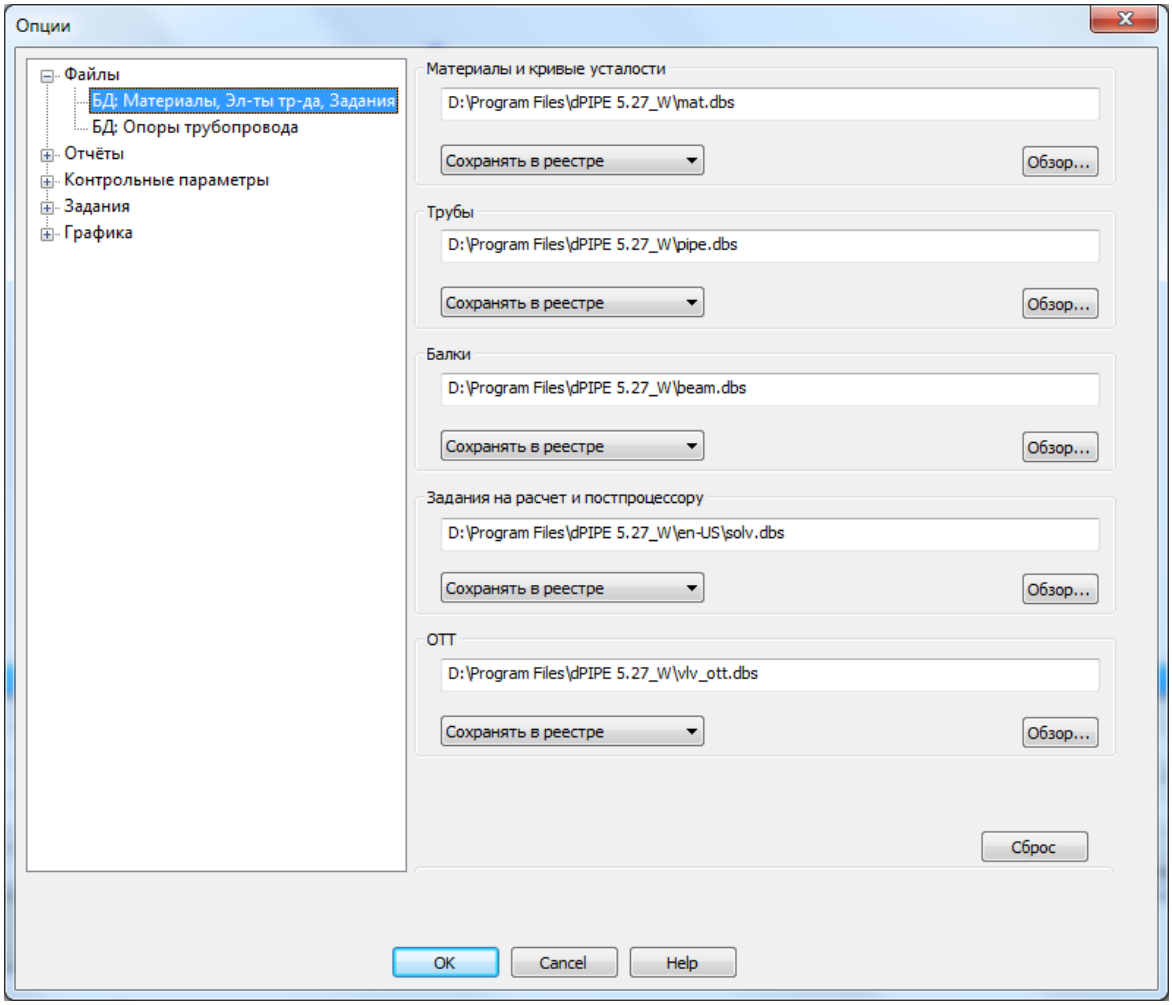
```
Пример :

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 XVI

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>.dp5 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:

SPR	путь к файлу, содержащего базу данных по пружинам;
MAT	путь к файлу, содержащего базу данных по материалам;
PIPE	путь к файлу, содержащего базу данных по трубам и отводам;
BEAM	путь к файлу, содержащего базу данных по балкам;
DAMP	путь к файлу, содержащего базу данных по демпферам;
SOLV	путь к файлу, содержащего базу данных по заданиям на расчет и постпроцессорную обработку результатов;
VALVES	путь к файлу, содержащего базу данных с допускаемыми нагрузками на патрубки трубопроводной арматуры;
SUPLOAD	путь к файлу, содержащего базу данных с допускаемыми нагрузками на опоры трубопровода;
PRE_FMT	путь к файлу, содержащего шаблон для распечатки листинга исходных данных (файл *.OUT);
POST_FMT	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.

В интерфейсе программы параметры PRE_FMT и PST_FMT определяются в диалоге Опции/Отчеты/Шаблоны.

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"
```

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Конец исходных данных (END_OF_DATA)

Команда **END_OF_DATA** ограничивает ИД в файле *.dp5. 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.

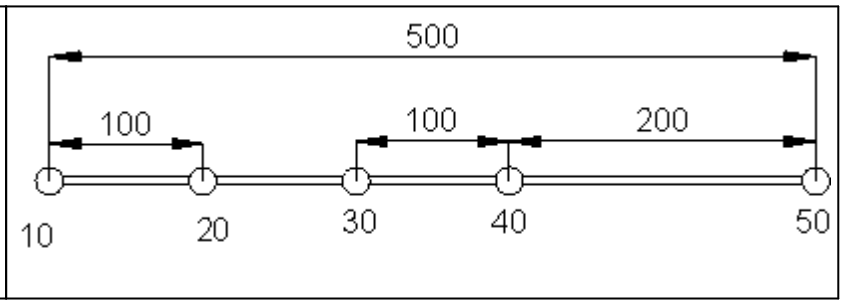
Для определения пространственной геометрии трубопровода можно использовать либо декартову, либо сферическую систему координат. Каждый элемент расчетной модели имеет направление и длину. Для задания направления используются параметры DC или DS. Параметр DC – это массив из трех чисел, задающий направление 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:

$$LEN = \sqrt{DC(1)^2 + DC(2)^2 + DC(3)^2}$$

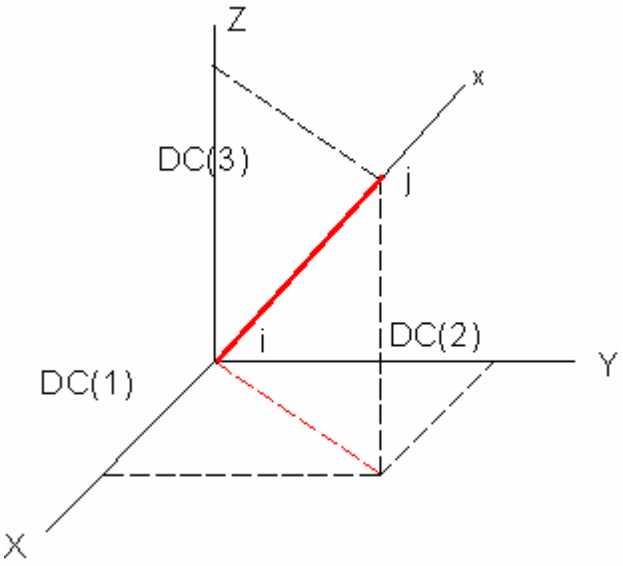
При этом допускается не определять длину одного из элементов в пролете, при этом она будет вычислена как разность между величиной LEN и суммой длин остальных элементов (исключение составляет элемент для задания монтажной растяжки "CS", длина которого может быть равной нулю).

Пример:

```
10: f dc 500 0 0
20: p 100
30: p
40: p 100
50: p 200
```

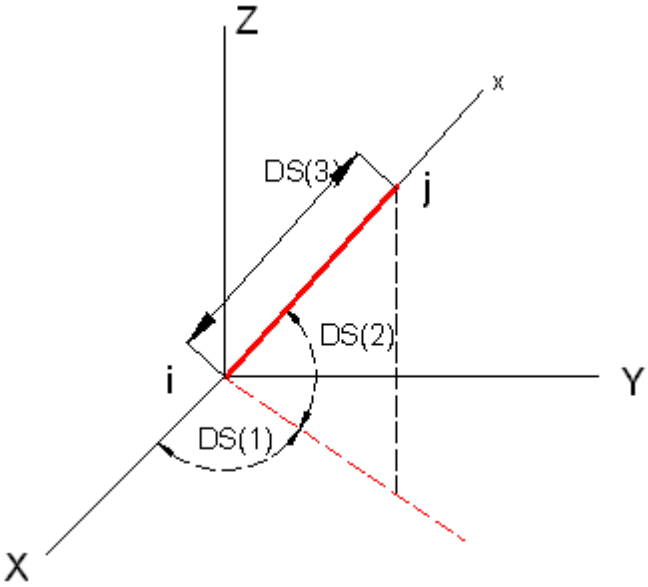


В этом примере длина элемента 20 – 30 автоматически вычисляется как 500 – (100 + 100 + 200) = 100



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. Второй элемент массива DS(2) определяет 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: REAL

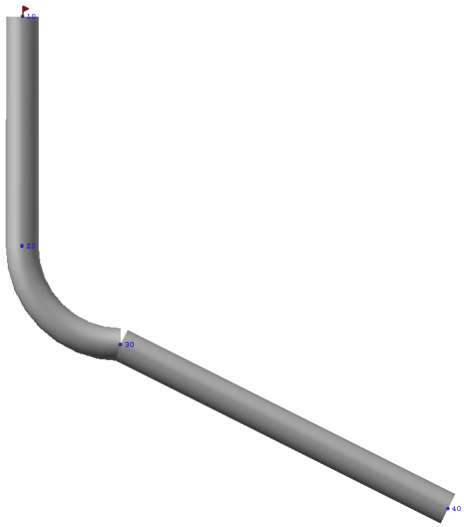
единицы:	либо безразмерный параметр, либо в мм, если определяется длина пролета (см. общие замечания)
размерность:	массив из 3-х элементов
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	все три элемента массива не могут одновременно быть равны нулю.

DS(3) задание направления текущего пролета в сферических координатах

тип:	REAL
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) ≥ 0

Примечание:

Параметры DC и DS могут появляться практически в любой геометрической команде. Исключение 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:

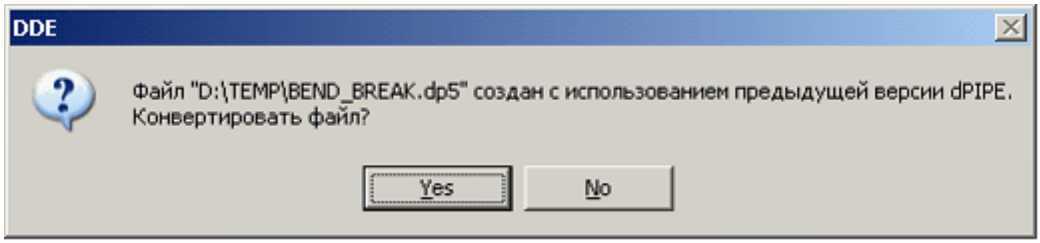
<table>
<tr><td rowspan="2">  </td><td>НЕВЕРНО:

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'</td></tr>
<tr><td>ВЕРНО:

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</td></tr>
</table>

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.

Команда	Описание	Возможные значения	Значения по умолчанию	Примечания

CS	инициализация типа сечения	Ссылка на имена сечений, предварительно описанных командой PIPE или командой BEAM	-	(1), (2)
LG	инициализация нагрузочной группы	Ссылка на имена нагрузочных групп, предварительно описанных параметром LG команды OPVAL	-	(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	sbp = ‘yes’, sbp = ‘no’	‘no’	(3)
SCTG	Сейсмическая категория	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

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:	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 командой BEAM

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 ≥ 0

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 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

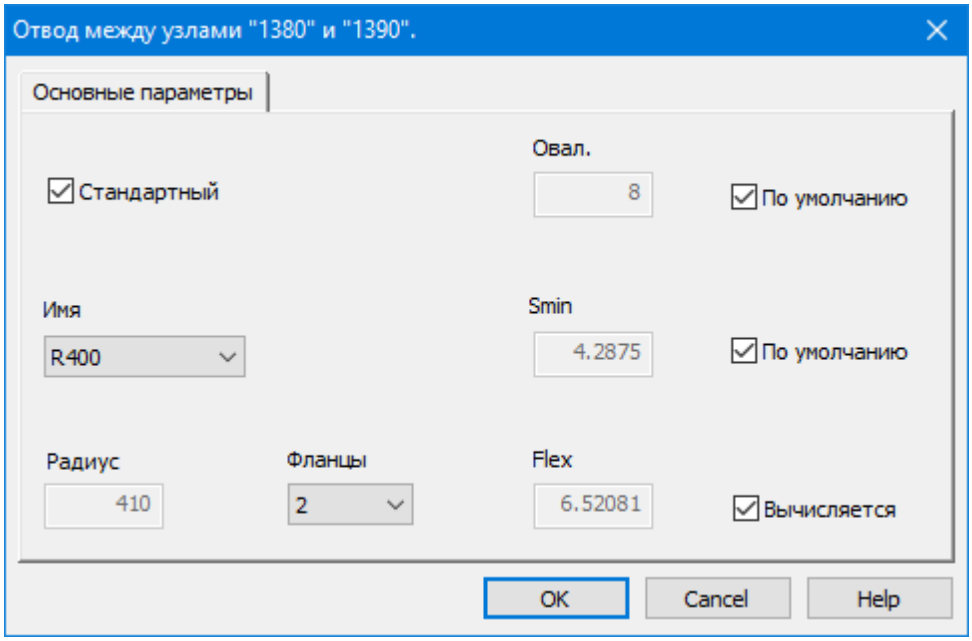
Пример:

```
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[1)] идентификационное имя отвода, определенное подкомандой BEND общей команды PIPE

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	имя должно быть предварительно описано подкомандой BEND команды PIPE

или

R[2)] радиус отвода

тип:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	R > 0; отвод должен "вписываться" в геометрию участка (см. пример задания геометрии в разделе "Локальные команды")

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[1)] 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 ≤ OVAL ≤ 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:	0 < SMIN ≤ T

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:	FLEX ≥ 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

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

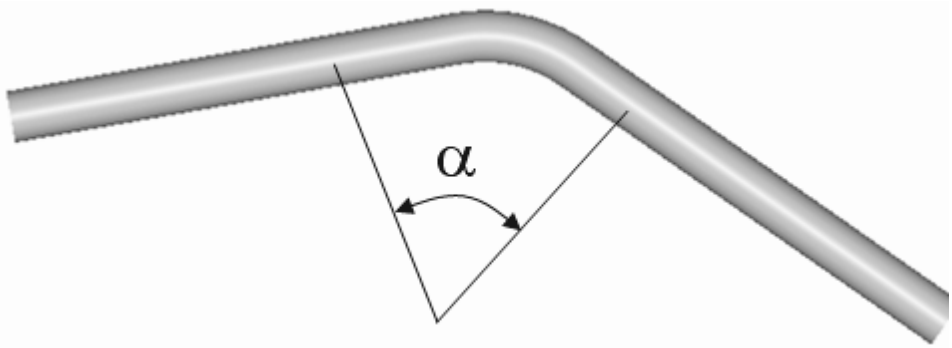
SBP признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. SBP

При использовании Норм ASME/EN в диалоге появляется дополнительная закладка с коэффициентами интенсификации напряжений

Примечания:

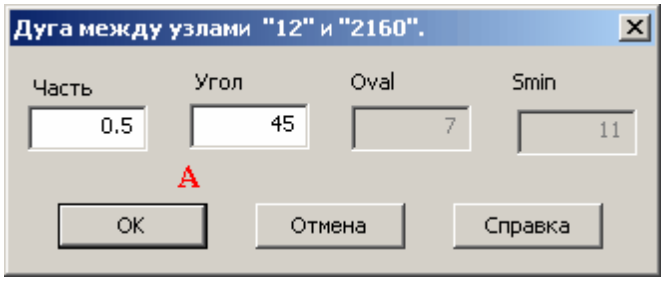
1) *При задании отвода с помощью параметра ID не допускается использование параметра XS*
2) *Задание имени параметра R является обязательным*
3) *Полный угол отвода должен находиться в диапазоне: BEND_ANG < a < 180° - BEND_ANG:*

.




```
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[1)] параметр разбиения криволинейной трубы на части. При A > 1 определяет угол (в градусах) от начала гиба до текущего узла. При 0 < A ≤ 1 определяет часть от полного угла гиба.

тип:	REAL
единицы:	градусы или безразмерный параметр
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	угол не может быть больше полного угла отвода

Примечания:

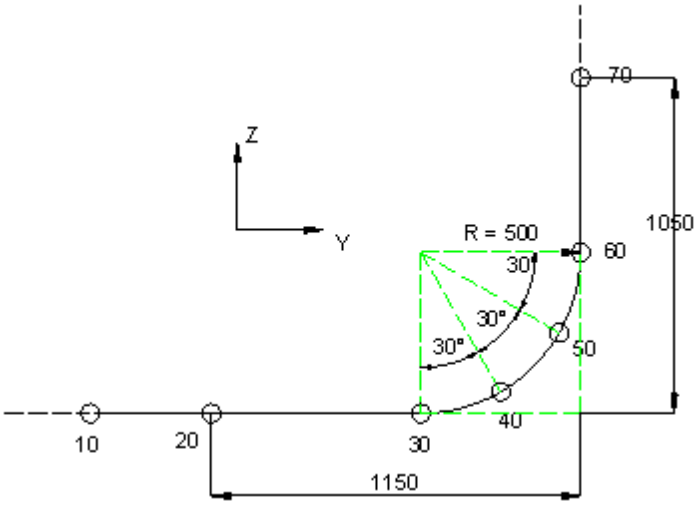
1) Задание имени параметра A является обязательным

Пример:

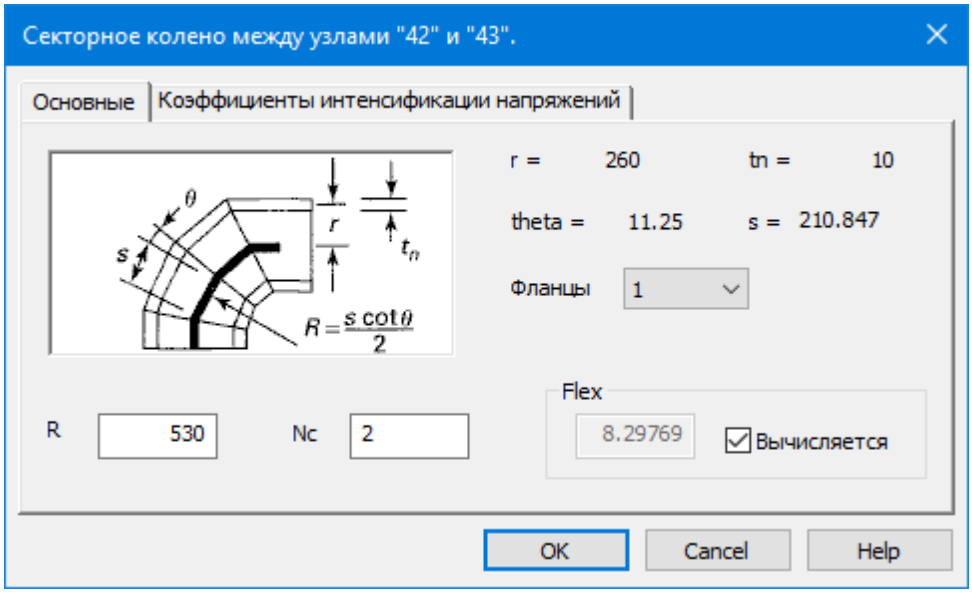
```
10: f 0 1 0 '108x5' 'Line1'
20: p 400
30: p 1150
40: b a 30
50: b a 60
60: b r 500 dc 0 0 1
70: p 1050
```

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)



Тип: локальная геометрическая команда

Функция: определяет элемент "секторное колено" [1)]

Параметры:

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

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 задание типа сечения для отвода, если оно отличается от сечения примыкающей трубы

тип: TEXT
единицы: -
значение по умолчанию: текущий тип сечения

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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

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

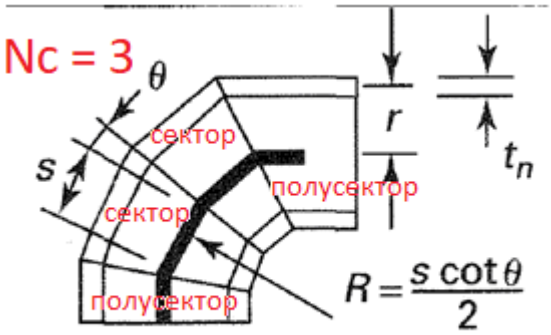
SBP признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. SBP

При использовании Норм ASME/EN в диалоге появляется дополнительная закладка с коэффициентами интенсификации напряжений

Примечания:

1) *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) задавать не следует: программа его определит, исходя из соотношения: $R_e = 0.5*r*(1+ctg(\theta))$, где: r – средний радиус трубы; θ – половина полного угла колена.
Если Nc > 1, то $\theta = \alpha/(2*N_c)$, а длина сектора $s = 2*R_e*tg(\theta)$

<u>Проверка на ошибки:</u>

1. Если Nc > 1, то $s < r*(1+tg(\theta))$
2. $B = s*(1-r_0/R_e) \geq 5*t$ (r0 - внешний радиус трубы, t - толщина стенки сечения)
3. Для Норм B31.1: B > 6t

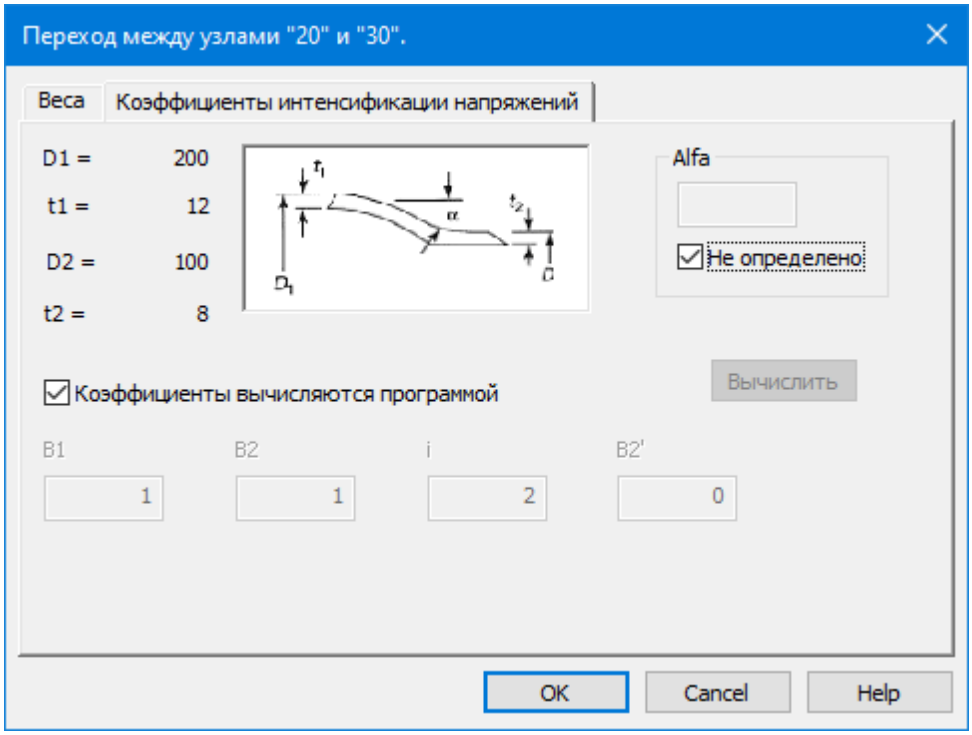
<u>Программа выдает предупреждения, если:</u>

1) полный угол колена а меньше 15°;
2) угол θ < 15° (для норм ПНАЭ и РД);
3) угол θ < 22.5° (для всех остальных норм, кроме ПНАЭ и РД)

Пример:

```
30: MTR r = 862.089, nc = 2, ds = 45, 0, 5000, xs = 'Pipe2', name = "LAB10"
```

Переход (R)



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:	≥ 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:	≥ 5 ; ≤ 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.

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

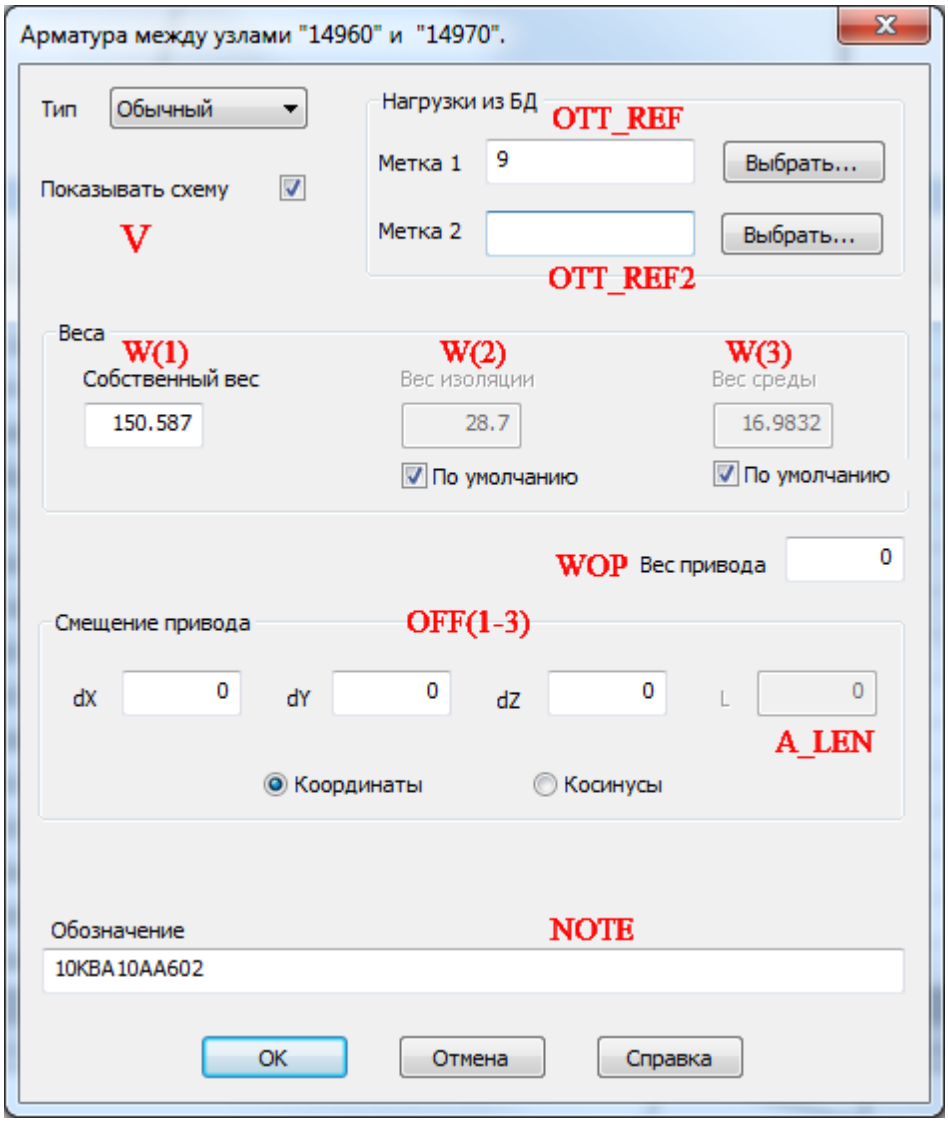
Пример:

```
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)



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:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	LEN ≥ 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[1)]

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

OFF(3) относительные координаты центра тяжести привода или направляющие косинусы (X, Y, Z)[2)]

тип:	REAL
единицы:	мм
размерность	массив из трех чисел
значение по умолчанию:	0, 0, 0
область возможных значений:	-

A_LEN длина привода[3)]

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 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) *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:

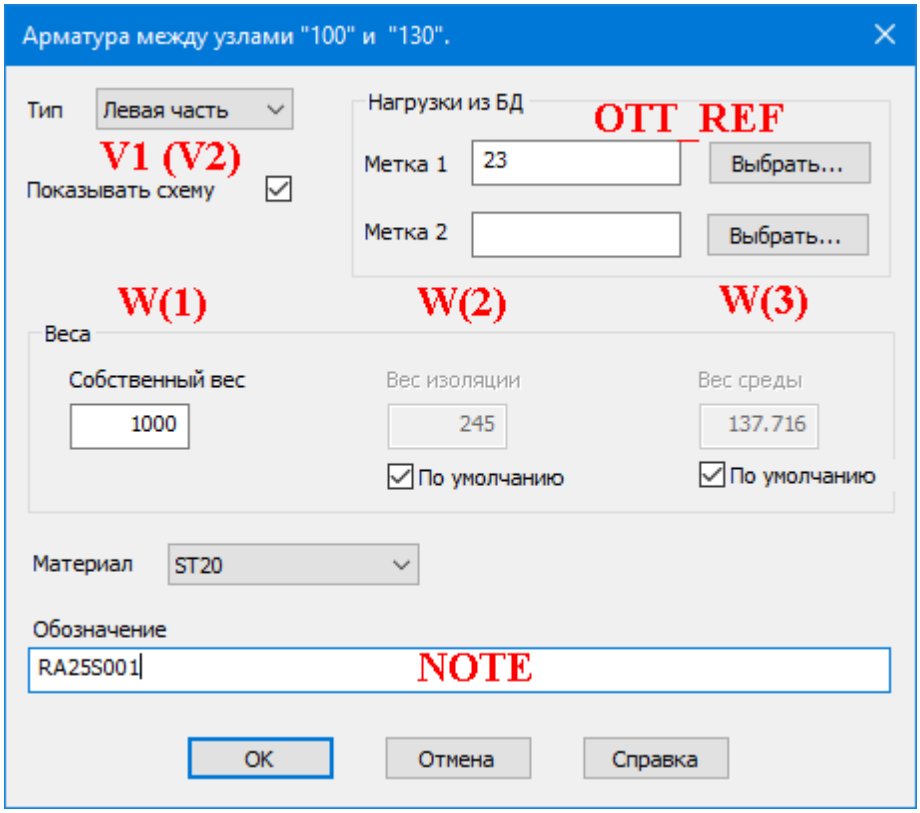
```
30: V len = 800, w = 2000,,, wop = 1000, off = 0, 0, 1, a_len = 400, note = "RA250S802", ott_re
```

или:

```
30: V len = 800, w = 2000,,, wop = 1000, off = 0, 0, 400, note = "RA250S802", ott_ref = '23'
```

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

"Половинка" клапана (команды V1, V2)



"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 ≥ 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[1)]

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:	-

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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 vlv_ott.dbs. длина не более 8 символов

SBP признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. SBP

Примечания:

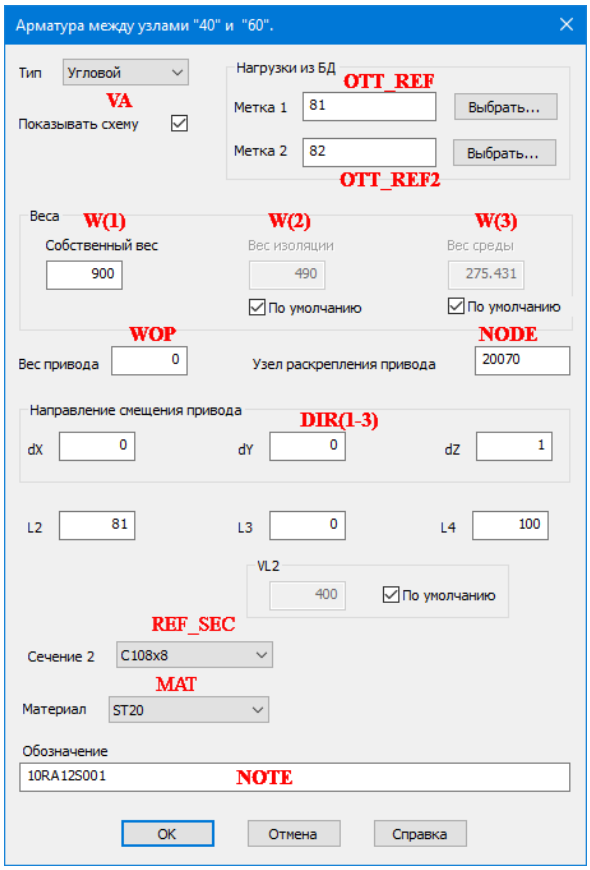
1) См. Приложение IV .

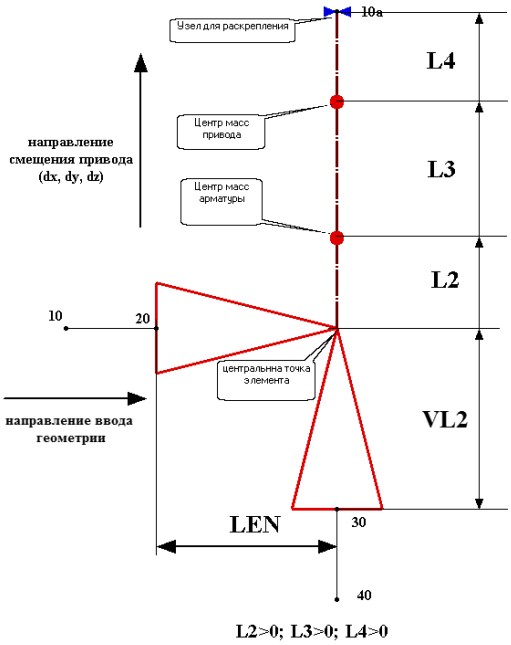
Пример:

```
2000: V1 1000 W 230 NOTE "Valve 30RAS201" DC 1 0 0
2000: V2 1000 W 230 NOTE "Valve 30RAS201" DC 0 0 -1
```

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

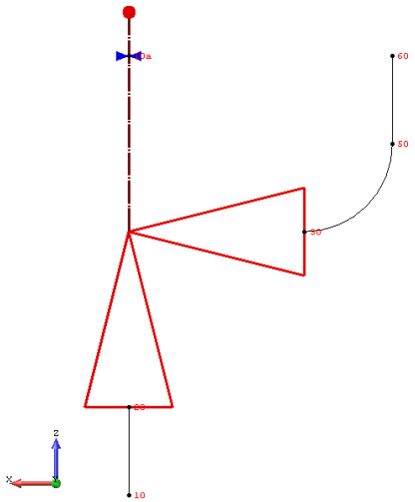
Угловой клапан (VA)





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:

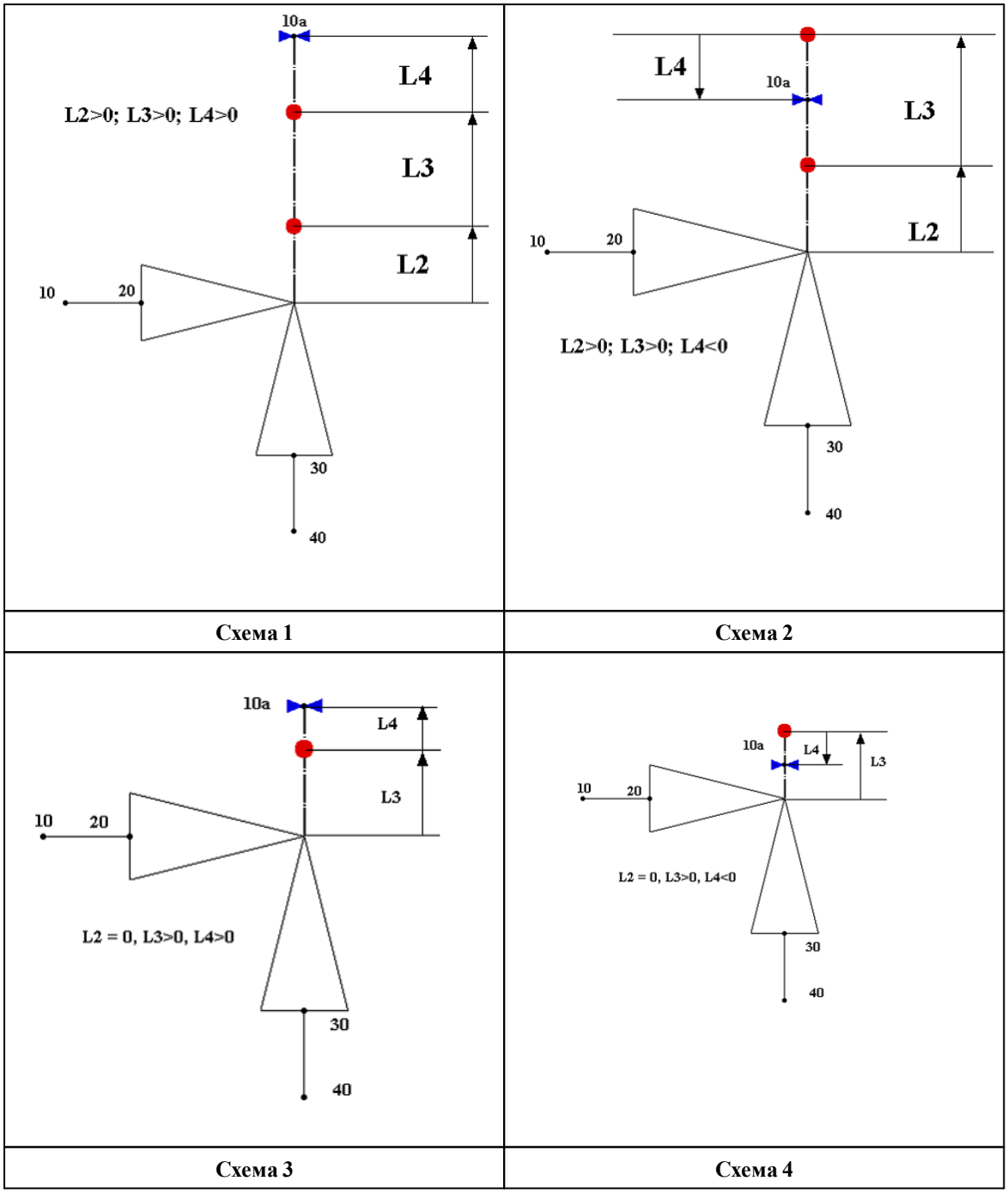


Геометрия

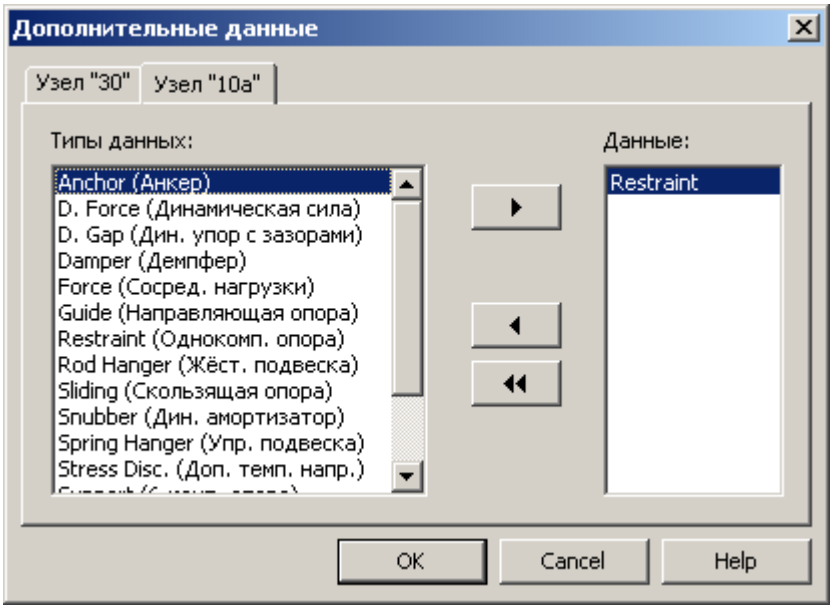
	Узел	Элемент	L/R	dX	dY	dZ	Доп. Данные
1	10	From		0	0	600	
2	20		0				
3	30	Valve	400	-600	0	0	Restraint
4	50	Bend	200	0	0	1	
5	60		400				

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 10а 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:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	LEN ≥ 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[1)]

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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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[2)] 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 v\v_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 v\v_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:

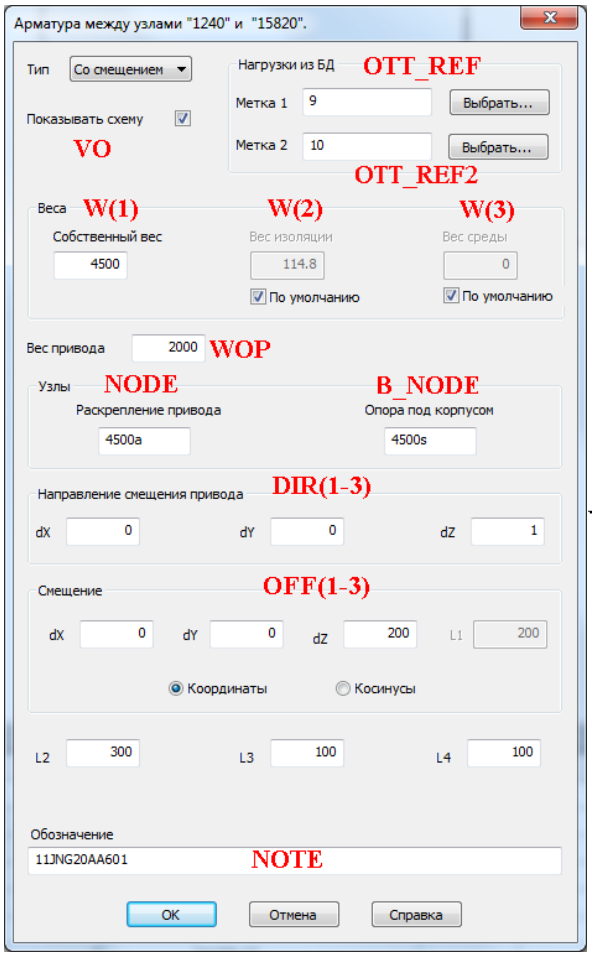
1) См. Приложение IV .
2) Внутренний узел клапана может использоваться только для привязки к нему опоры. Его нельзя использовать в качестве реферативного значения (например, в команде POS, или при операциях с копированием участков моделей)

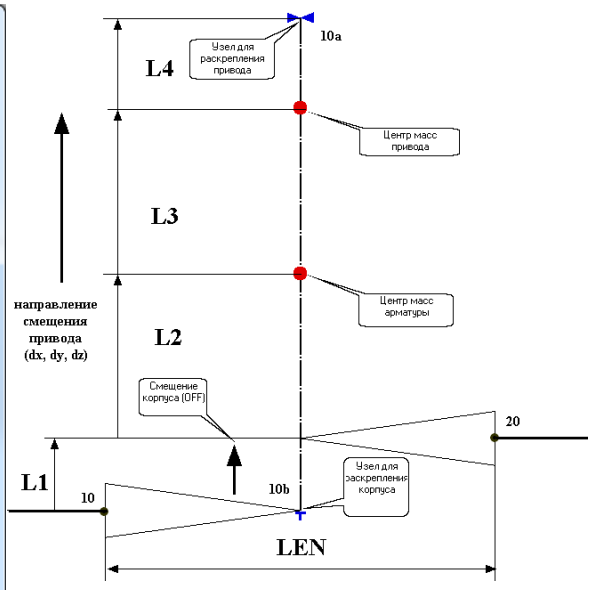
Пример:

```
30: VA len = 400, dc = 0, 0, -600, xs = 'Pipe2', w = 2000,,, wop = 1000, dir = 0, 0, 1, len2 =
```

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Клапан со смещением (VO)





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.

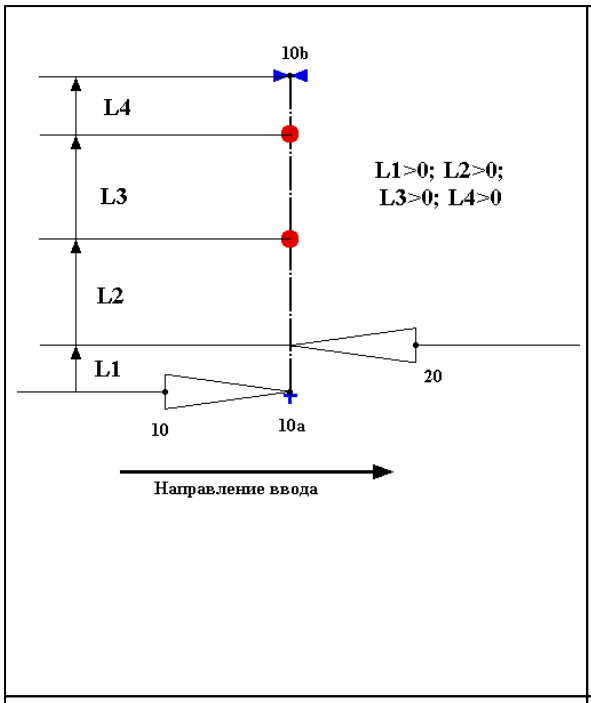


Схема 1

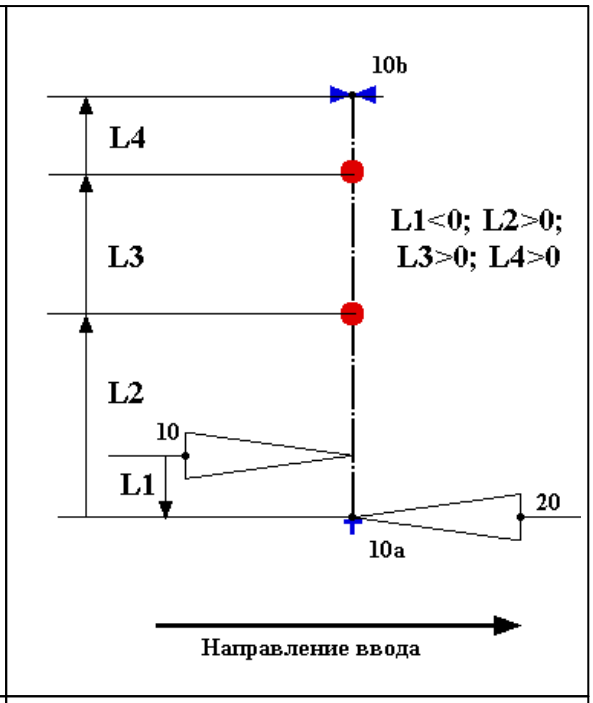


Схема 2

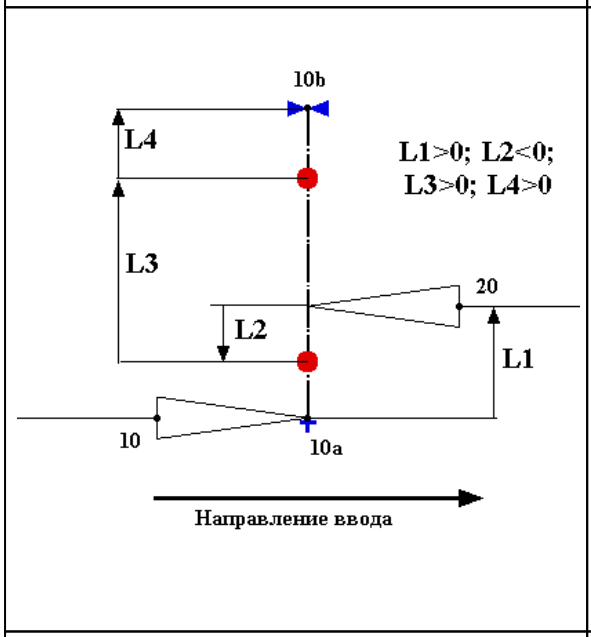


Схема 3

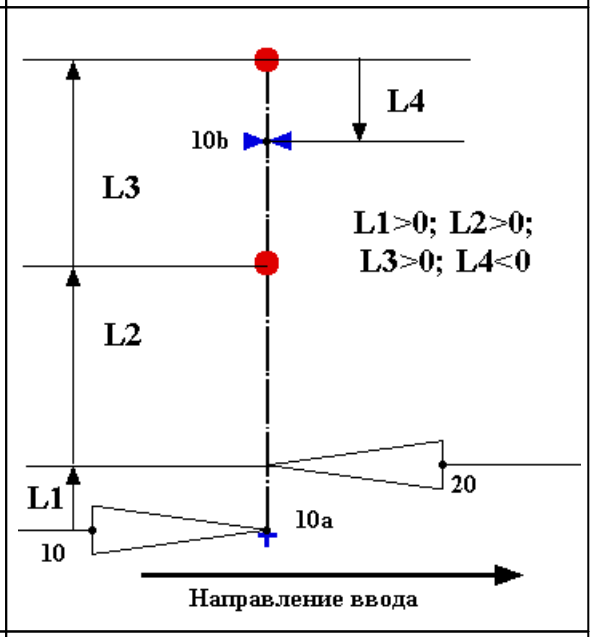
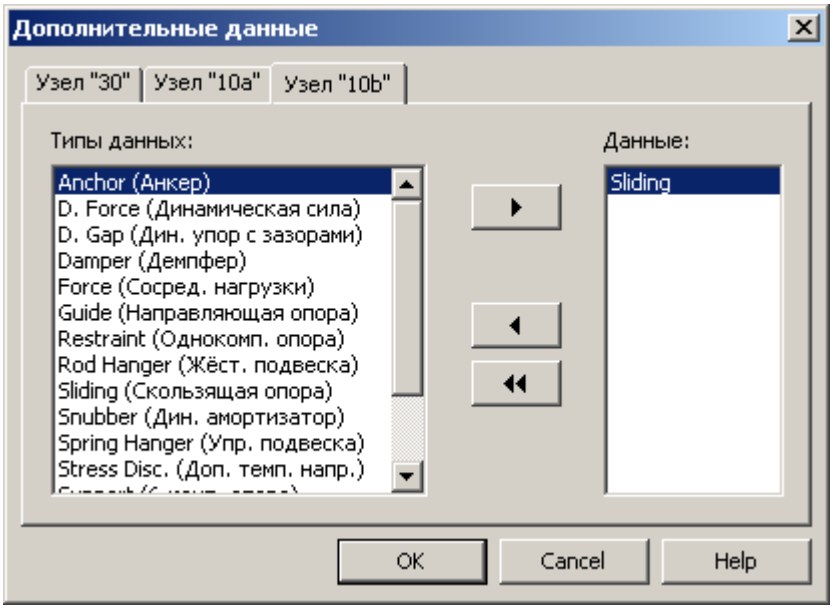


Схема 4

Для задания опор в узлах 10a 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:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	LEN ≥ 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[1)]

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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

значение по умолчанию: 0, 0, 0
область возможных значений: -

OFF(3) направляющие косинусы или относительные координаты для определения направления смещения корпуса [2)]

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[3)] имя узла для раскрепления привода

тип: TEXT
единицы: -
значение по умолчанию: -
область возможных значений: см. ограничения для меток узлов

B_NODE[3)] 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 текущее идентификационное имя.

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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

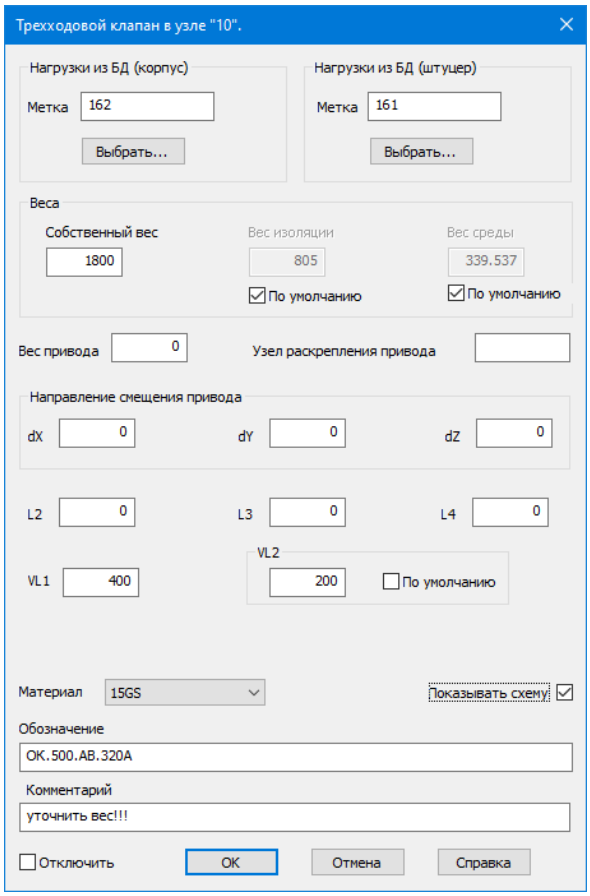
Примечания:

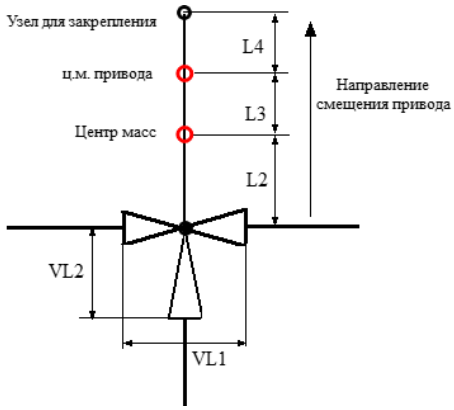
1) *См. Приложение IV .*
2) *Если в команде определен параметр LEN1, то значения OFF(1-3) интерпретируются программой как набор направляющих косинусов. В противном случае, OFF(1-3) рассматриваются как относительные координаты.*
3) *Внутренние узлы клапана могут использоваться только для привязки к ним 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
```

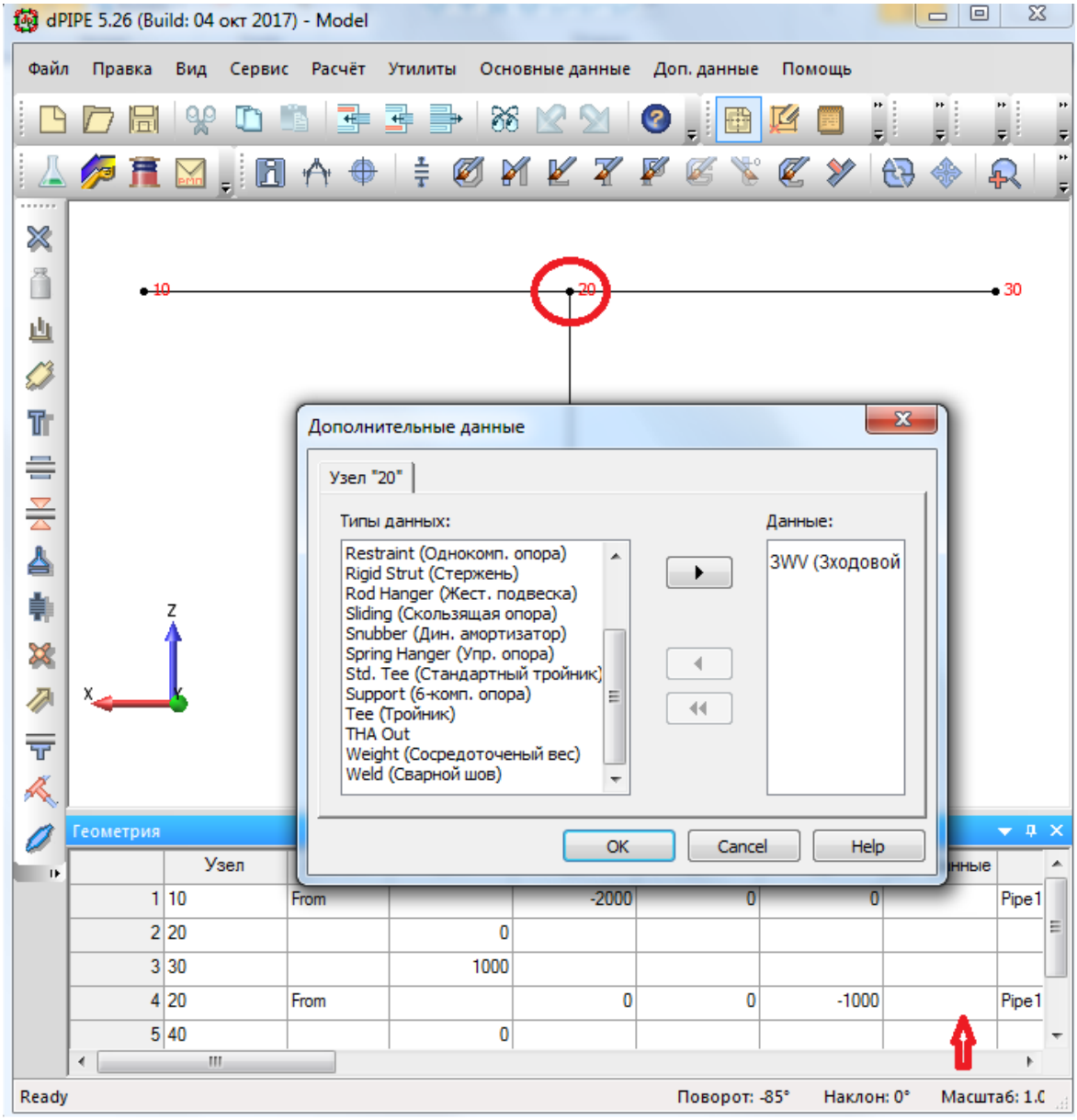
Трехходовой клапан (V3W)





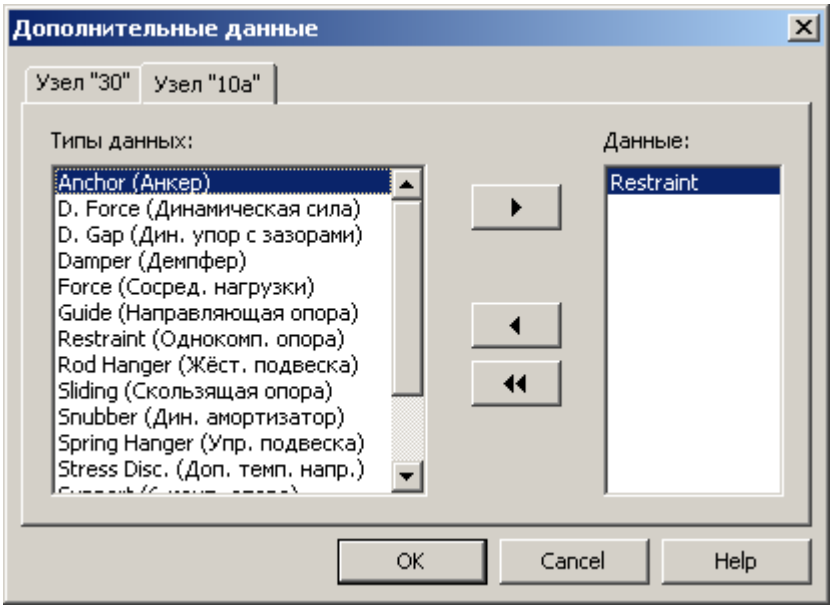
Расчетная схема трехходового клапана

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:	REAL
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[1)]

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[2)] 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 \lv_ott.dbs. длина не более 8 символов

OTT_REF2 метка, идентифицирующая строку в базе данных с допускаемыми нагрузками на входной патрубок 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

Примечания:

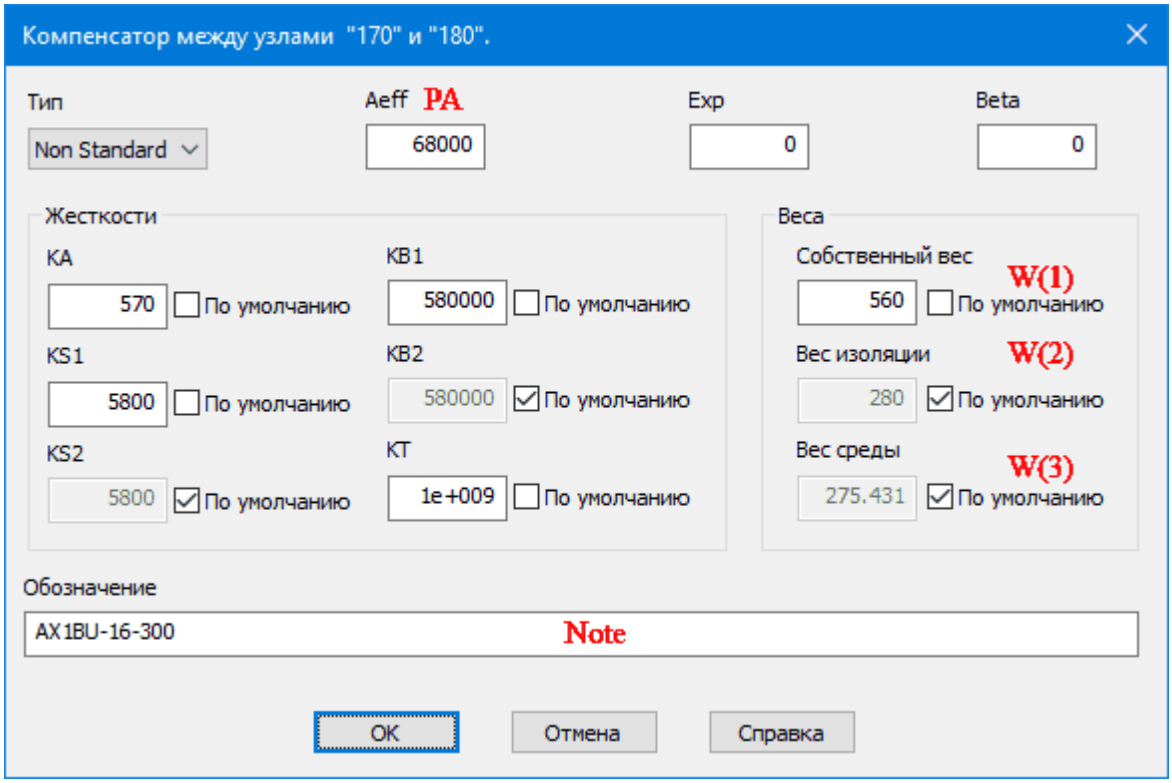
1) См. Приложение IV .
2) Внутренний узел клапана может использоваться только для привязки к нему опоры. Его нельзя использовать в качестве реферативного значения (например, в команде POS, или при операциях с копированием участков моделей)

Пример:

```
NODE: V3W vl1 = 800, vl2 = 300, w = 22000,,, note = "V1", ott_ref1 = '12', ott_ref2
= '15'
```

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Компенсатор (EJ)



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 ≥ 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*A/L)
область возможных значений: ≥ 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) = $\frac{12 * E * I}{L^3}$ (сдвиговая жесткость присоединенной трубы); KS(2) = KS(1)
область возможных значений: ≥ 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) = $\frac{E * I}{L}$ (изгибная жесткость присоединенной трубы); KB(2) = KB(1)
область возможных значений: ≥ 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: ≥ 0

PA эффективная площадь компенсатора

тип: REAL
единицы: мм^2
значение по умолчанию: 0
область возможных значений: ≥ 0

W(3) вес компенсатора[1)]

тип: REAL
единицы: Н
размерность массив из трех чисел
значение по умолчанию: См. Приложение IV.
область возможных значений: -

EXP множитель температурного расширения[3)]

тип: REAL
единицы: -
значение по умолчанию: 0
область возможных значений: ≥ 0

BETA ориентация элемента относительно его оси (см. пример задания)

тип: REAL
единицы: град
значение по умолчанию: 0
область возможных значений: |BETA| ≤ 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

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 PA > 0 по концам элемента прикладываются распорные усилия R = PA*P(op) (P(op) – 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:*

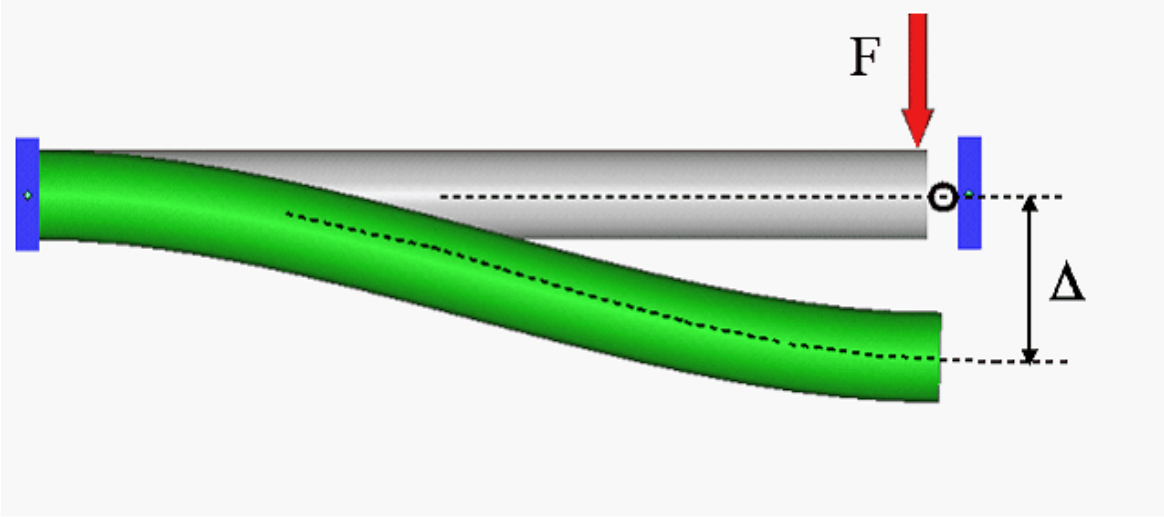


Схема сдвиговой деформации компенсатора (F = KS*Δ)

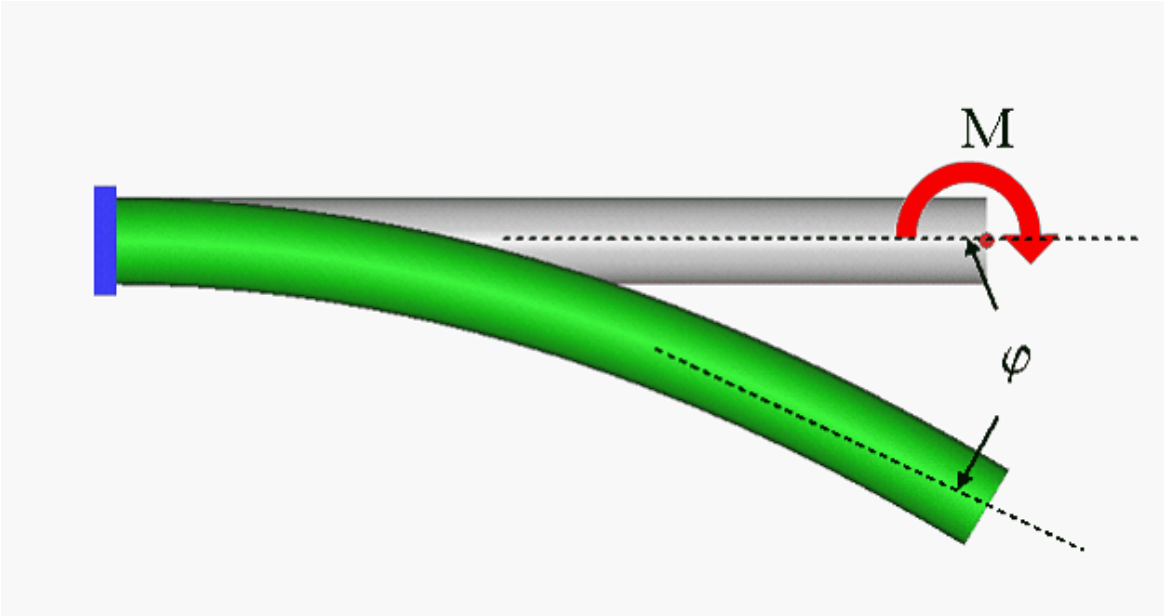


Схема изгибной деформации компенсатора (M = KB*φ)

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>.sup 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

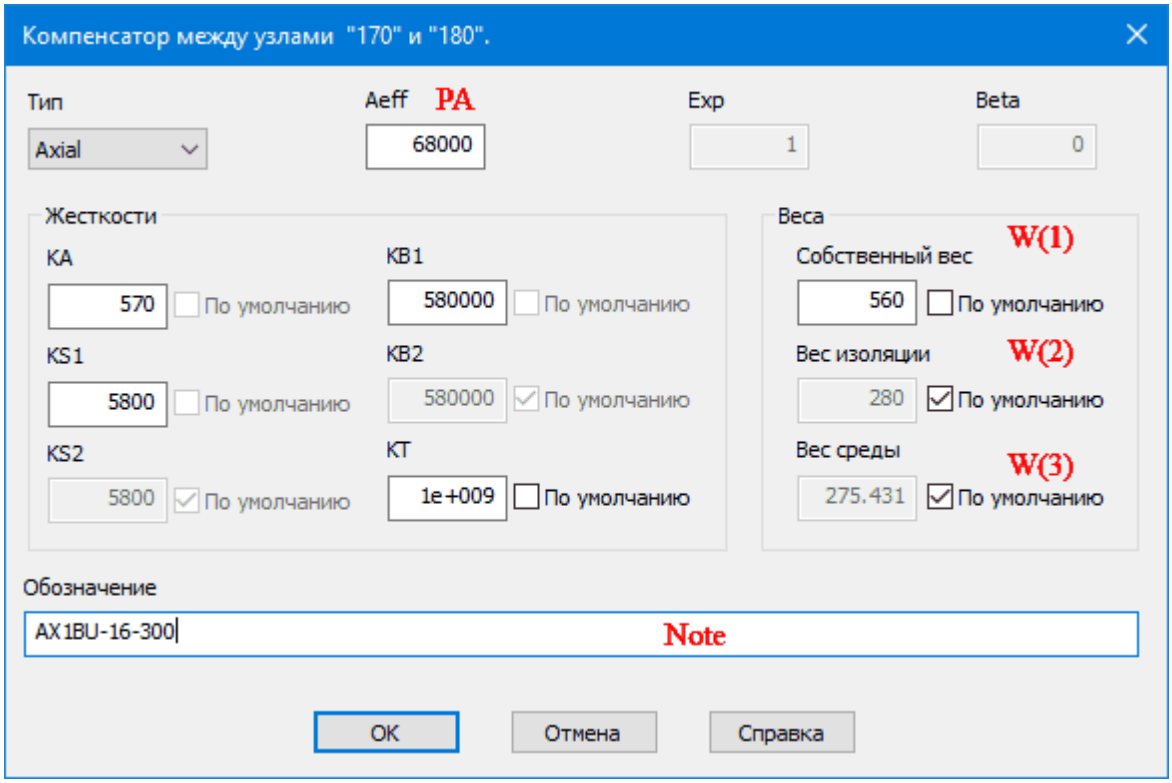
TYPE	KA	KS(1)	KS(2)	KB(1)	KB(2)	KT	PA	EXP
EA	ka	ks	ks	kb	kb	R	pa	1
ET (>2 стяжек)	R	ks	ks	R	R	R	0	0
ET (2 стяжки)	R	ks	ks	kb	R	R	0	0
EH	R	R	R	kb	R	R	0	0
EG	R	R	R	kb	kb	R	0	0

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)	$\frac{E*I}{L*(1+\mu)}$

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Осевой компенсатор (EA)



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 ≥ 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:	≥ 0

KS сдвиговая жесткость

тип:	REAL
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	≥ 0

KB угловая жесткость

тип:	REAL
единицы:	Н*мм/рад
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	≥ 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:	≥ 0

PA эффективная площадь компенсатора

тип:	REAL
единицы:	мм^2
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	≥ 0

W(3) вес компенсатора[1)]

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) обязательный параметр, использующийся для вычисления распорного усилия в компенсаторе на рабочих режимах.

2) См. Приложение IV.

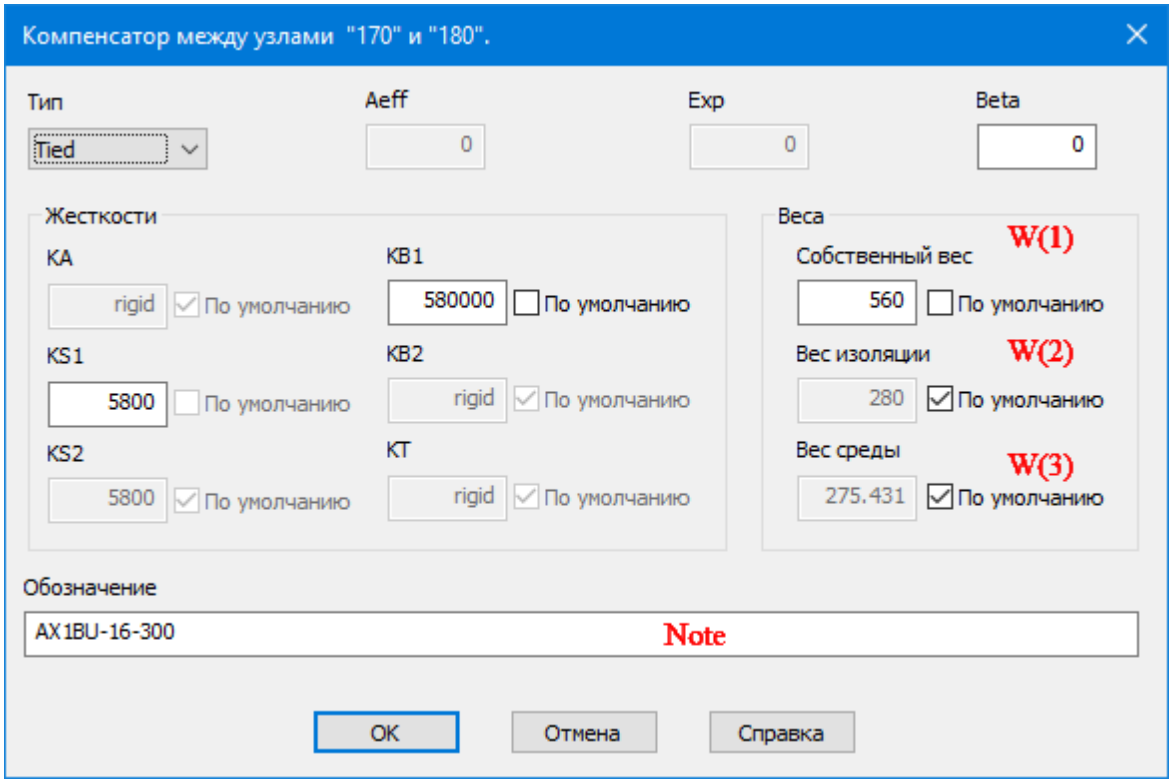
Пример :

```
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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Сдвиговой компенсатор (ET)



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 ≥ 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:	≥ 0

KB[1)] угловая жесткость

тип:	REAL
единицы:	Н*мм/рад
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	≥ 0

BETA[1)] ориентация элемента относительно его оси (см. пример задания)

тип:	REAL
единицы:	град
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	|BETA| ≤ 360

W(3) вес компенсатора[2)]

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:

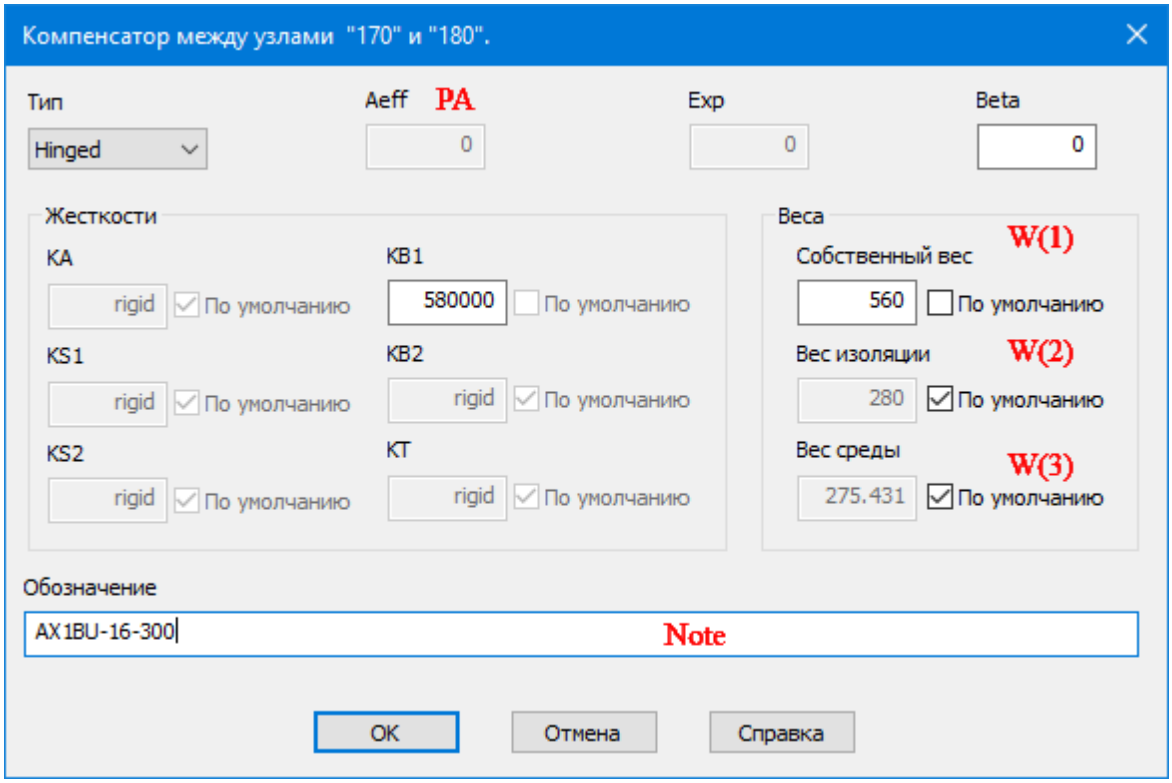
1. ***Для моделирования компенсатора на 2-ух стяжках задание параметров KB и BETA является обязательным****. При угле BETA = 0 предполагается, что стяжки находятся в локальной плоскости X-Y элемента.*
2. *См. Приложение IV .*

Пример:

```
2000: ET 1000 KS 100. KB 1000. BETA 30
```

См. так же: Значение жесткостных параметров для моделирования компенсаторов

Шарнирный компенсатор (EH)



Тип: локальная геометрическая команда

Функция: команда для моделирования шарнирного компенсатора[1)]

Параметры:

LEN длина элемента

тип:	REAL

единицы: мм
значение по умолчанию: 0
Область возможных значений: LEN ≥ 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: ≥ 0

BETA[1)] ориентация элемента относительно его оси (см. пример задания)

тип: REAL
единицы: град
значение по умолчанию: 0
область возможных значений: |BETA| ≤ 360

W(3) вес компенсатора[2)]

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:

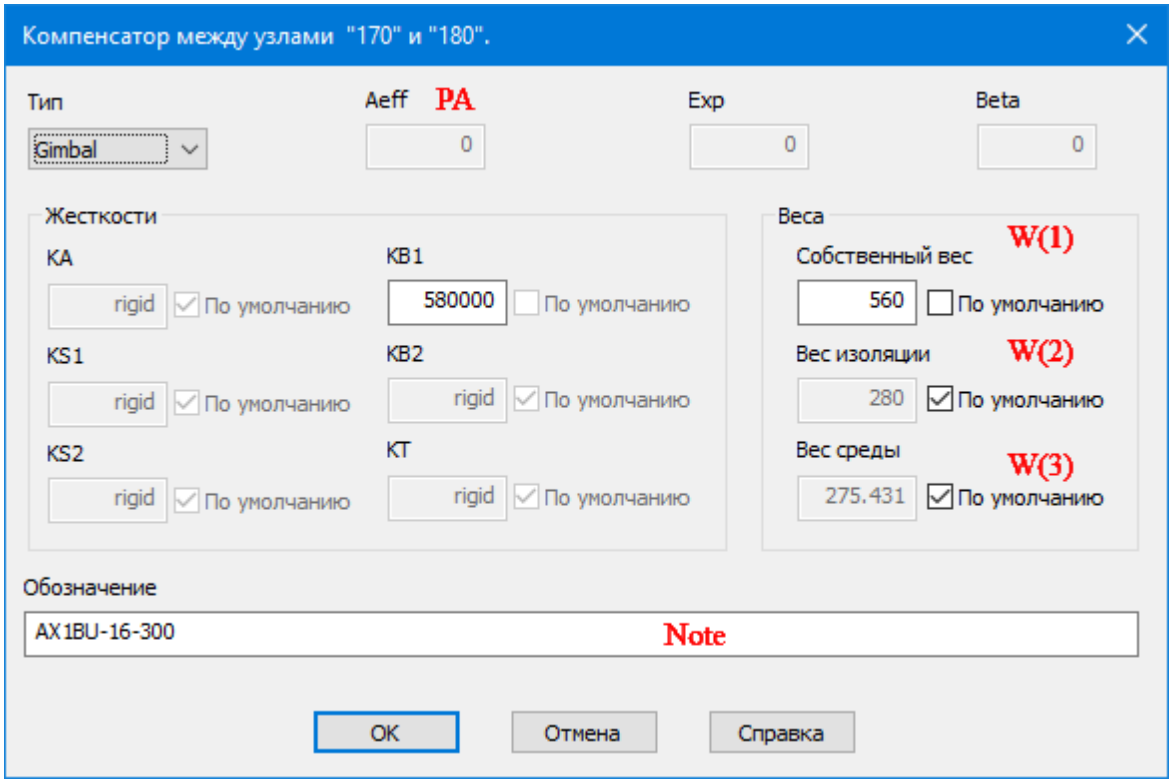
1) *При угле BETA = 0 предполагается, что шарнирный компенсатор позволяет поворот вокруг локальной оси Y элемента;*
2) *См. Приложение IV .*

Пример:

```
2000: EH 1000 KB 1000. BETA 30
```

См. так же: Значение жесткостных параметров для моделирования компенсаторов

Карданный компенсатор (EG)



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 ≥ 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:	≥ 0

W(3) вес компенсатора[2)]

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:

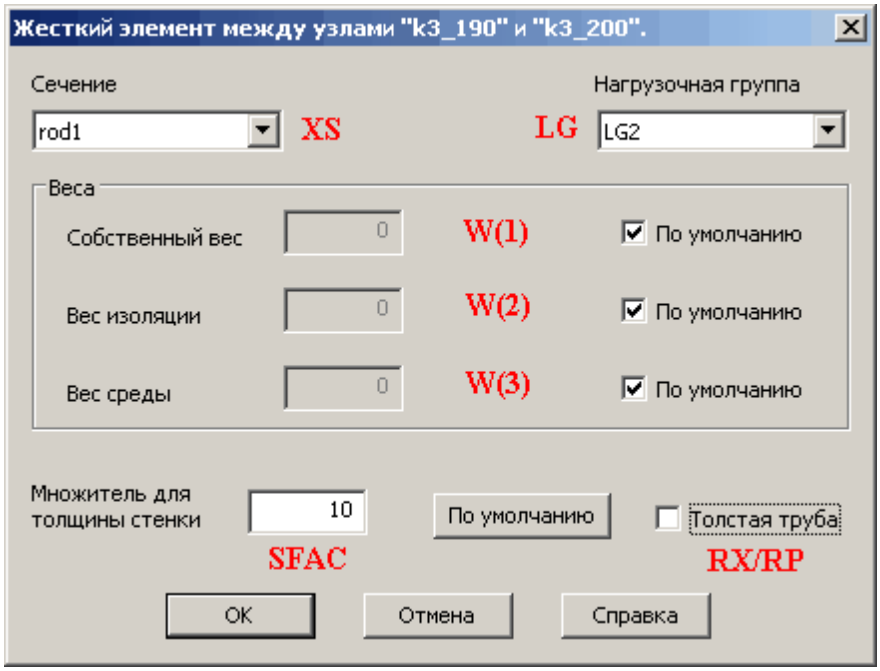
1) См. Приложение IV .

Пример:

```
2000: EG 1000 KB 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 ≥ 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[2)]

тип: REAL
единицы: Н
размерность массив из трех чисел
значение по умолчанию: См. Приложение IV.
область возможных значений: -

SFAC масштабный коэффициент при толщине стенки трубы[1)]

тип: REAL
единицы: -
значение по умолчанию: 10
область возможных значений: > 0

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

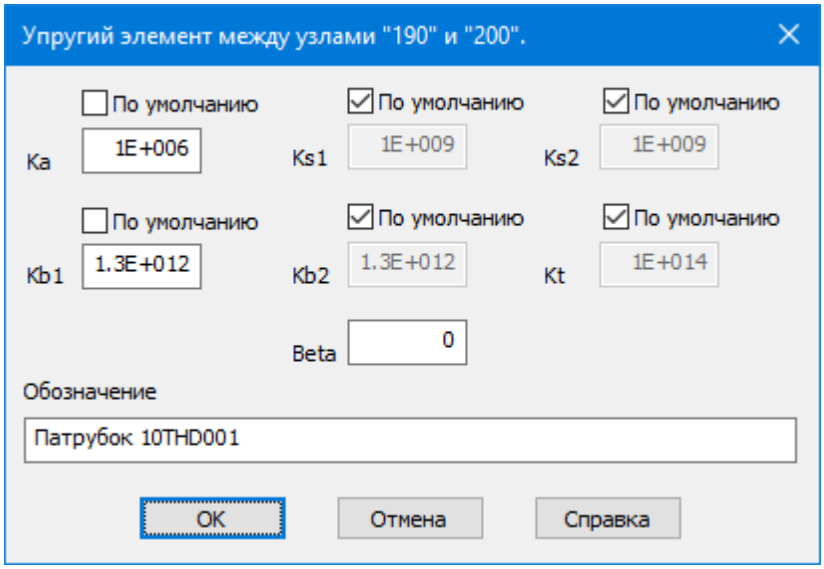
Примечания:

*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)



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:	≥ 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:	≥ 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:	≥ 0

KT жесткость элемента на кручение

тип:	REAL
единицы:	Н*мм/рад
значение по умолчанию:	rigid
область возможных значений:	≥ 0

BETA ориентация элемента относительно его оси (см. пример задания)

тип:	REAL
единицы:	град
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	|BETA| ≤ 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

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:

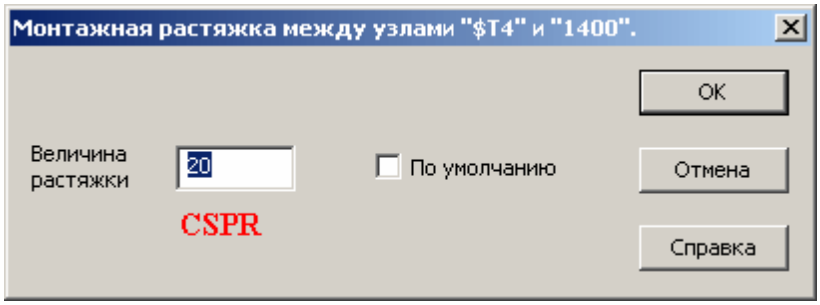
Упругий элемент имеет нулевую длину. Используется для задания в модели локальной податливости (жесткости). Жесткости KA и KT задаются относительно локальной оси "A", KS(1) и KB(1) относительно локальной оси "H", KS(2) и KB(2) относительно локальной оси "N" (см. пример задания);

Пример :

```
2000: FJ KA 1.e2 KB 3.e4 KS 1.e4 2.1e4 KT 1.e4 beta 45 dc 0 1 1
```

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Монтажная растяжка (CS)



Тип: локальная геометрическая команда

Функция: элемент для моделирования монтажной растяжки

Параметры:

LEN[1)] длина элемента

тип:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 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:	-
область возможных значений:	сечение должно быть предварительно описано командой PIPE

CSPR величина монтажной растяжки

тип:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	LEN
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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

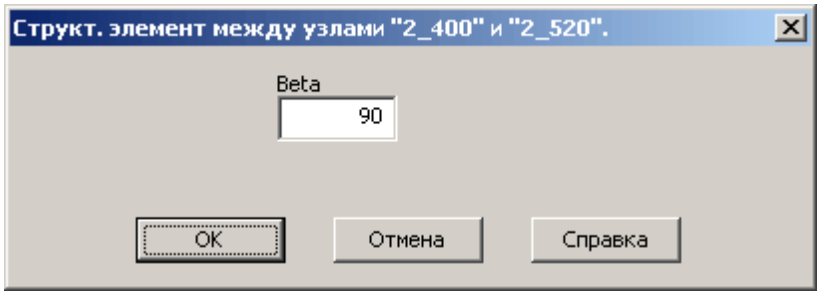
Примечания:

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:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	LEN ≥ 0

DC или **DS:** описание параметров см. в разделе "Локальные команды"

BEAM идентификационное имя сечения (см. примечания)

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	сечение должно быть предварительно описано командой BEAM

BETA[1)] ориентация элемента относительно его оси.

тип:	REAL
единицы:	град
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	|BETA| ≤ 360

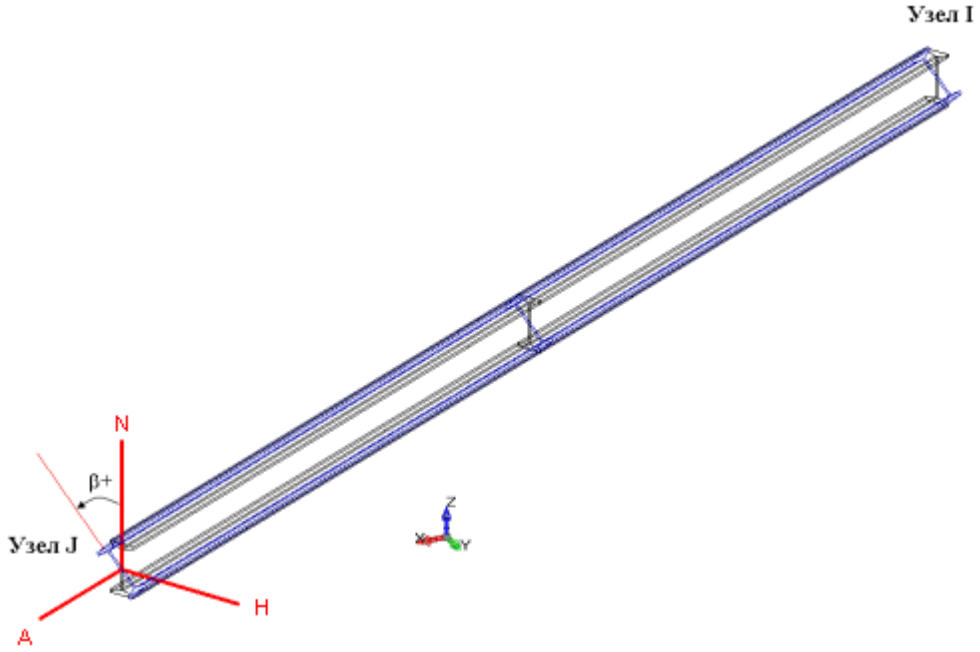
NAME идентификационное имя участка трубопровода

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

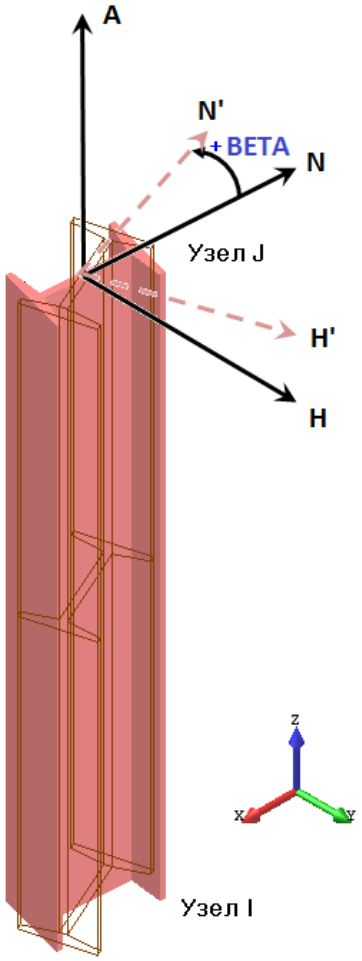
SBP признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. SBP

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 РМ задано несколько команд POS, то в случае несовпадения "пересчитанных" глобальных координат, выдается сообщение о "невязке".

Параметры:

X, Y, Z глобальные координаты узла

тип:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	-

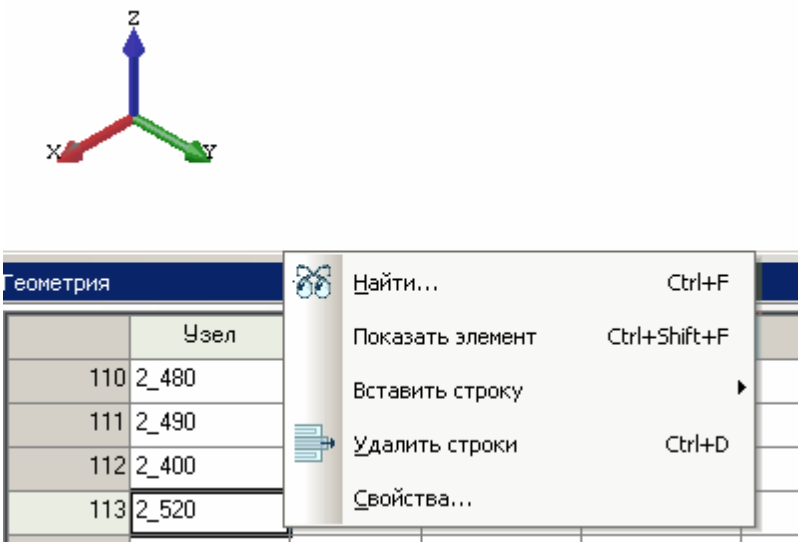
NODE имя (метка) узла для связи

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	параметр должен ссылаться на метку одного из существующих узлов расчетной модели

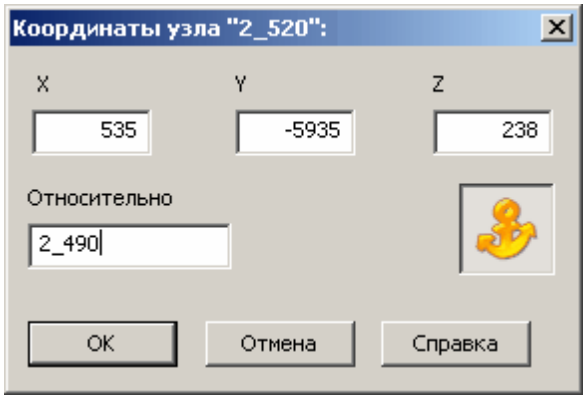
Примечания:

При вводе ИД с использованием таблицы DDE для определения глобальных координат узла необходимо выполнить следующие действия:

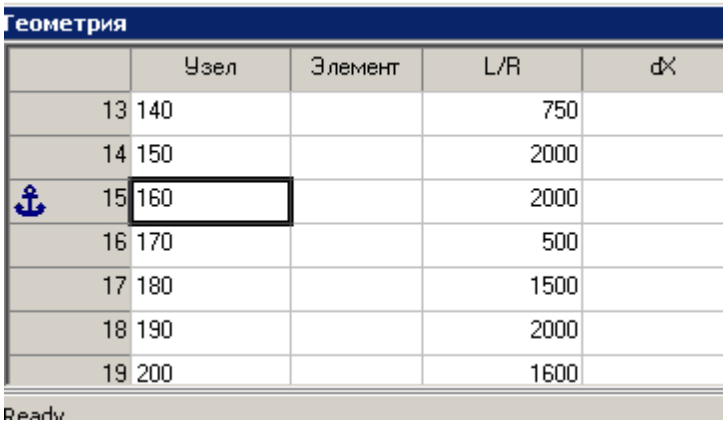
1. *Навести курсор мышки на нужный узел и, вызвав контекстное меню нажатием правой клавиши мышки, выбрать пункт "Свойства":*



2. *В появившемся диалоге нажать на "Свойства" и ввести либо абсолютные глобальные координаты узла, либо определить их относительно координат существующего узла:*

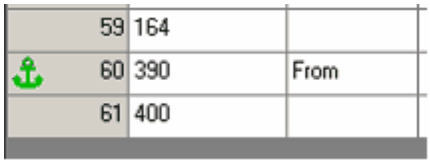


3. *Нажать "OK". При этом узел, для которого заданы абсолютные глобальные координаты, помечается символом "якорь" синего цвета:*



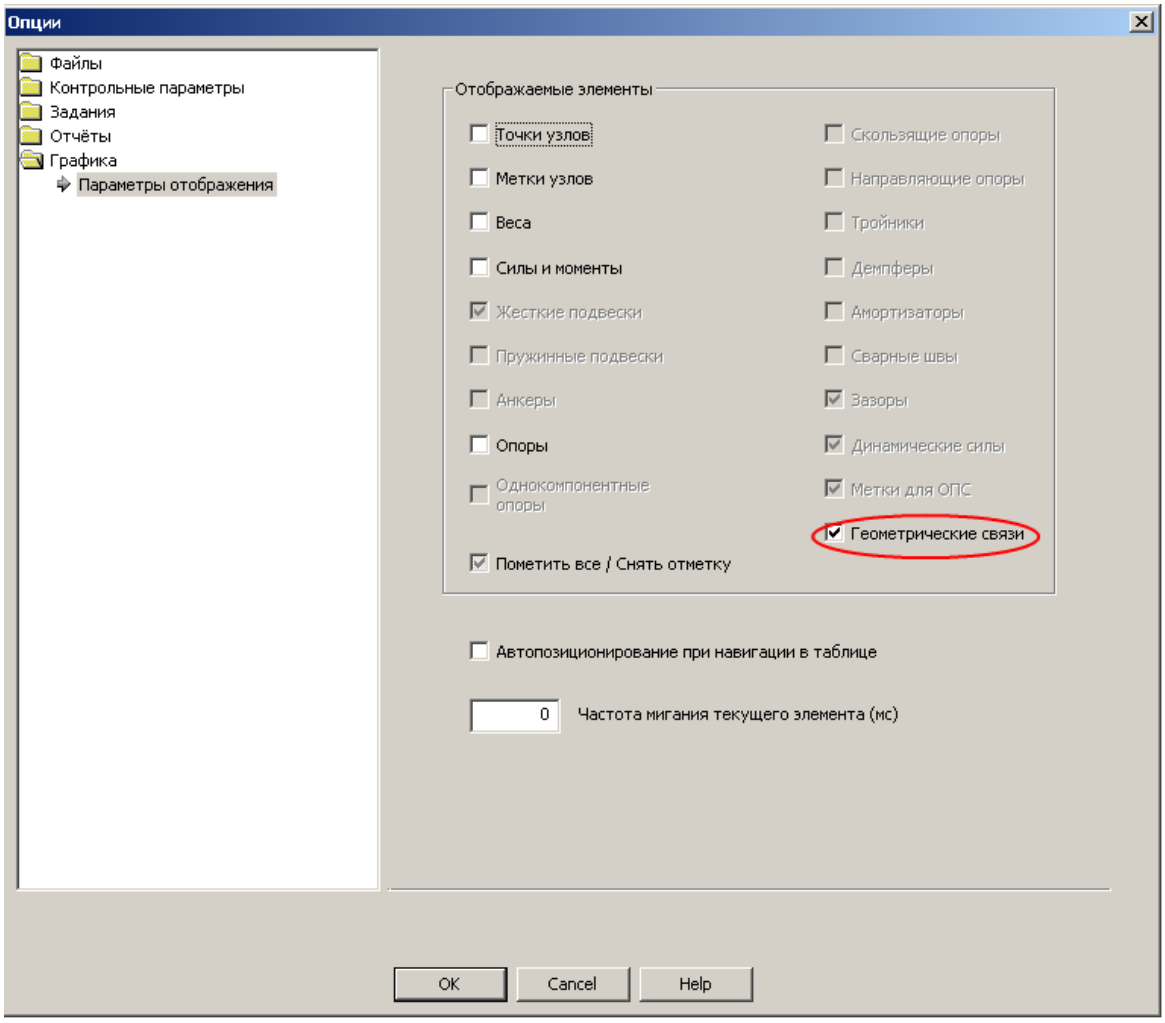
	Узел	Элемент	L/R	dX
13	140		750	
14	150		2000	
15	160		2000	
16	170		500	
17	180		1500	
18	190		2000	
19	200		1600	

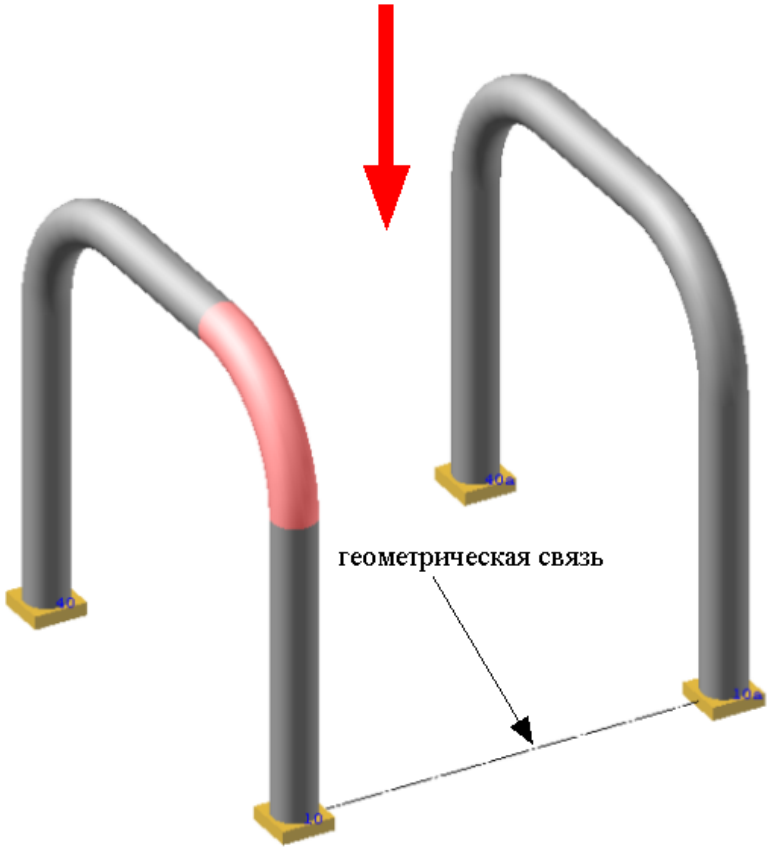
если координаты установлены относительно существующего узла, то якорь отображается зеленым цветом:



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"):





© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

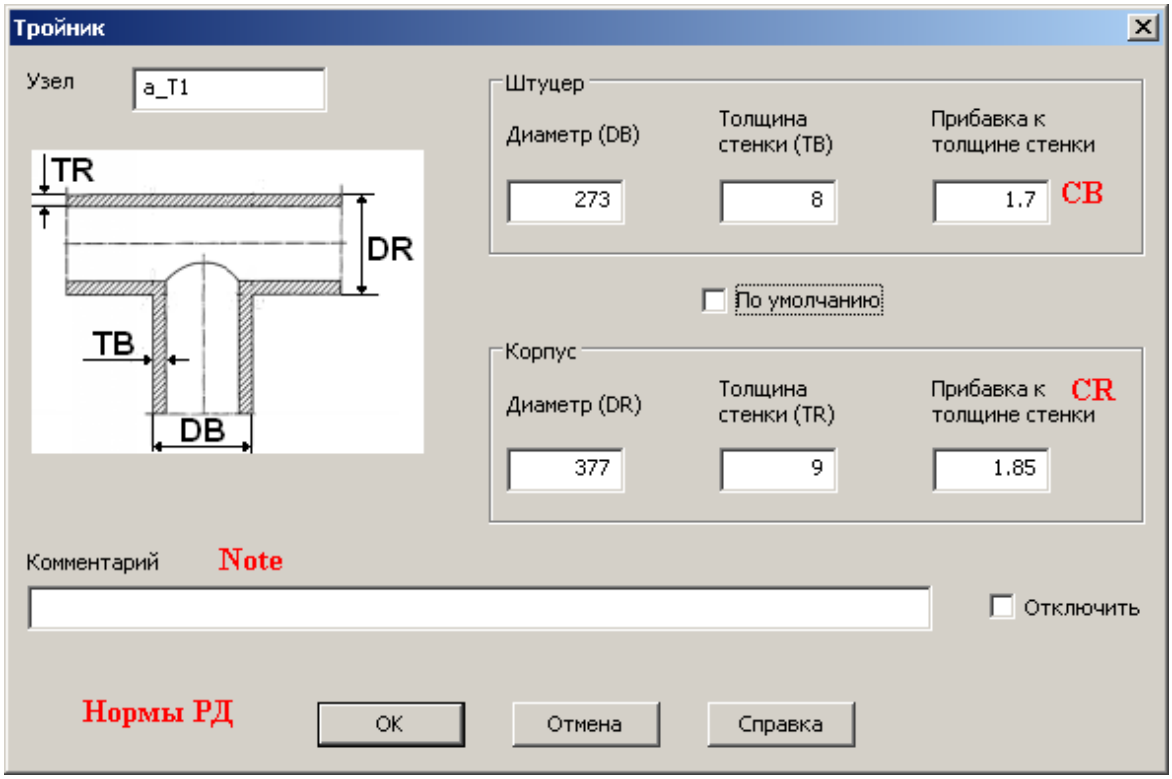
Пример:

```
20: POS 0, -2000, 0 NODE '10A'
```

Тройник (TEE)

[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:

CODE	CODE_YEAR	TYPE	Наименование в соответствии с Нормами
ASME_B311	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_B314	2006	WLD	Welding tee per ASME B16.9
		RF_TEE	Reinforced tee with pad or saddle
		URF_TEE	Unreinforced fabricated tee

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

		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[1)] суммарная прибавка к толщине стенки корпуса

тип: REAL
единицы: мм
значение по умолчанию: суммарная прибавка к толщине стенки основной трубы
область возможных значений: CR ≥ 0, TR – CR > 0

CB[1)] суммарная прибавка к толщине стенки штуцера

тип: REAL
единицы: мм
значение по умолчанию: суммарная прибавка к толщине стенки основной трубы
область возможных значений: CB ≥ 0, TB – CB > 0

TW утолщение штуцера в районе приварки к прямой трубе (см. рисунок)

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

тип: REAL
единицы: мм
значение по умолчанию: TB
область возможных значений: ≥ TB

TN толщина стенки патрубка или утолщение штуцерного соединения, используется для тройника типа 'BRC' и WLD_'BRC'

тип: REAL
единицы: мм
значение по умолчанию: TB
область возможных значений: ≥ TB

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: TB
область возможных значений: ≥ TB

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: TB
область возможных значений: ≥ TB

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: TB
область возможных значений: ≥ TB

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	$K_{и(s)}$	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}'

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

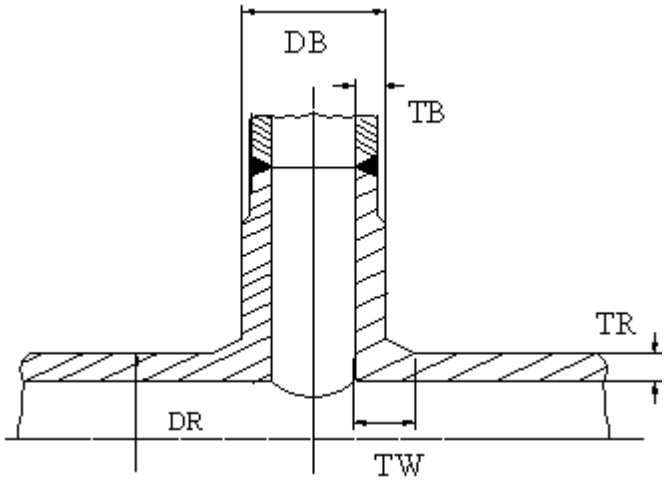
EN	S_{IR}	S_{IR}*0.75	S_{IB}	S_{IB}*0.75						
ASME_B311	S_I	S_I*0.75								

тип: REAL
единицы: -
значение по умолчанию: определяется программой автоматически
область возможных значений: SI(1) ≥ 2 ; SI(2) ≥ 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

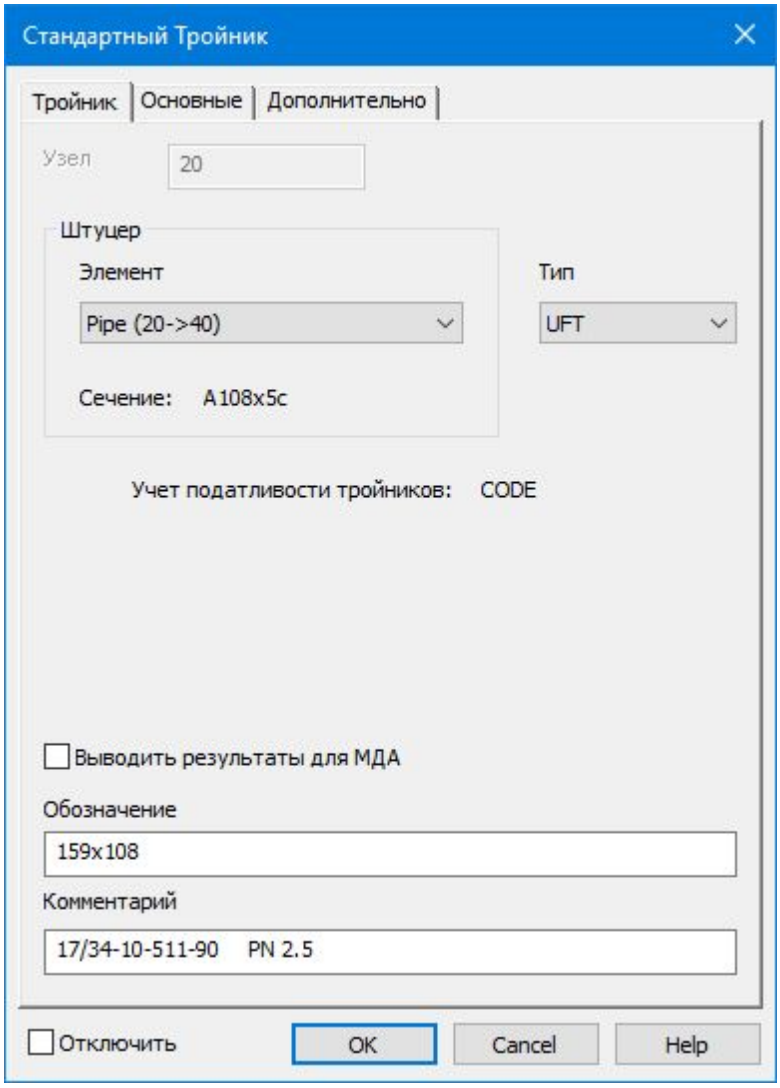
1) Параметры CR и TW используются только для норм ПНАЭ и РД; Параметр CB используется только для РД.
2) Диаметр и толщина стенки корпуса (DR, TR) и штуцера (DB, TB) не могут быть меньше аналогичных параметров для присоединяемых труб

Пример :

```
2000: TEE DB 108 TB 9 DR 325 TR 16
```

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

"Стандартный" тройник (TEE)



Тип: локальная геометрическая команда

Функция: команда для ввода "стандартного" тройника, характеристики которого должны быть предварительно описаны в секции для характеристик сечений труб (см. подкоманду &TEE). 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 TEE

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 :

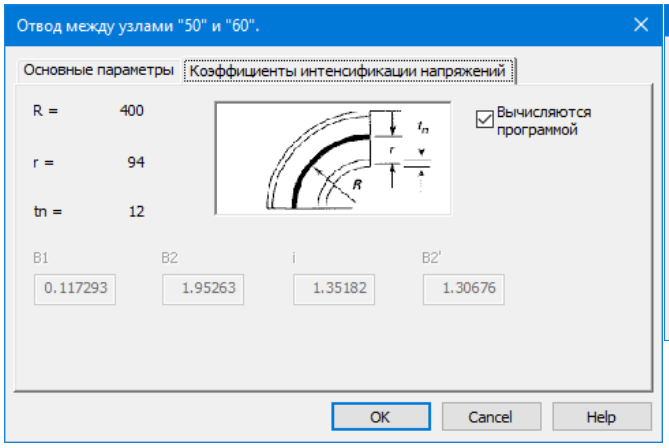
```
20: TEE id = 'BRC'
```

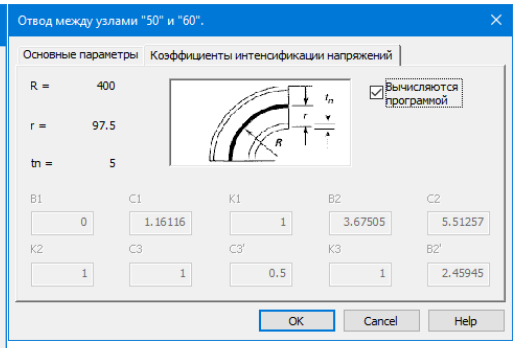
Коэффициенты интенсификации напряжений

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:

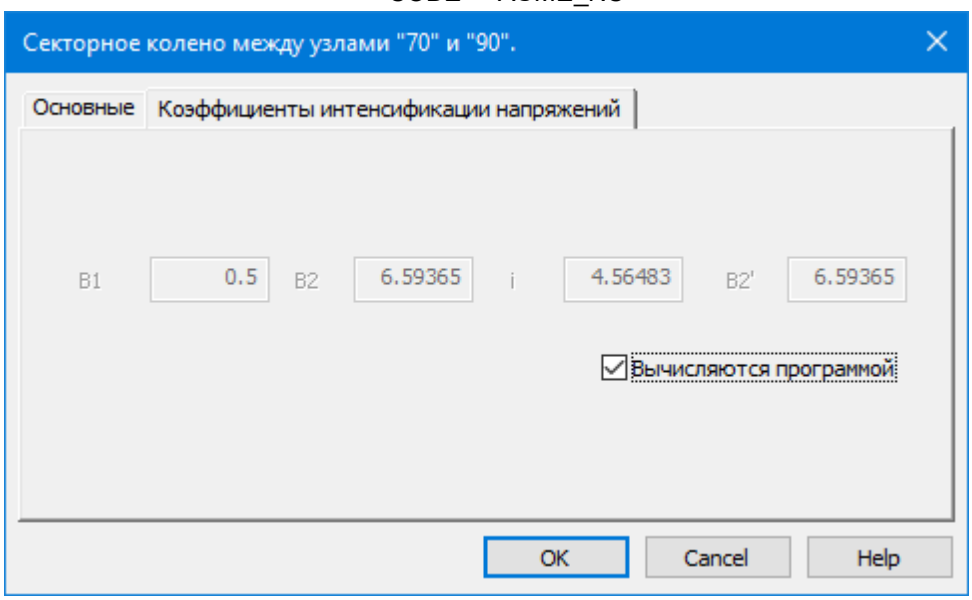
CODE = 'ASME_NC', 'EN' CODE = 'ASME_NB', CLS = 1





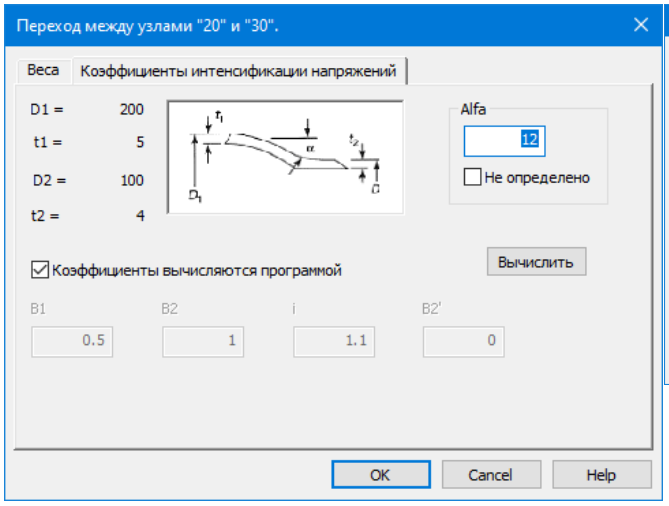
Секторное колено:

CODE = 'ASME_NC'

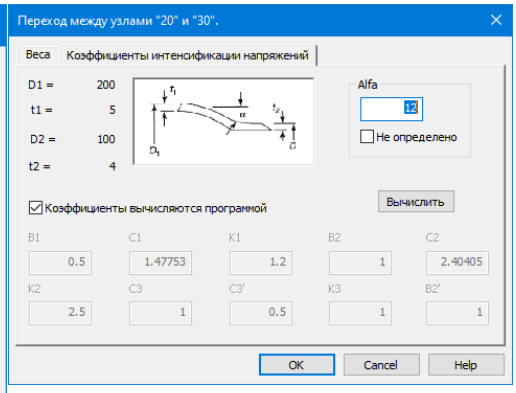


Переход

CODE = 'ASME_NC', 'EN'



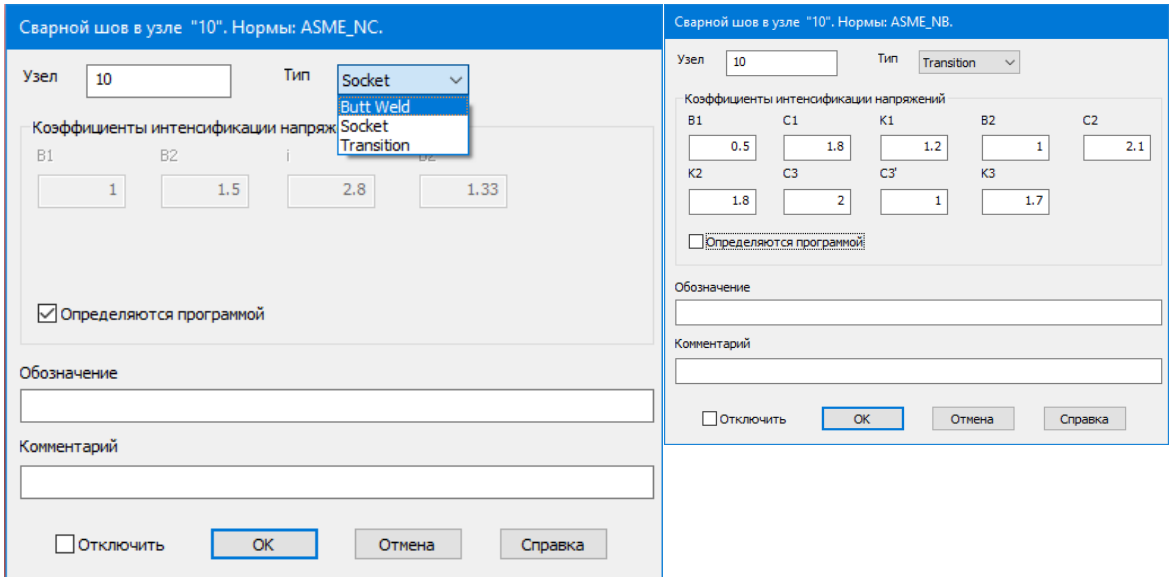
CODE = 'ASME_NB', CLS = 1



Сварной шов

CODE = 'ASME_NC', 'EN'

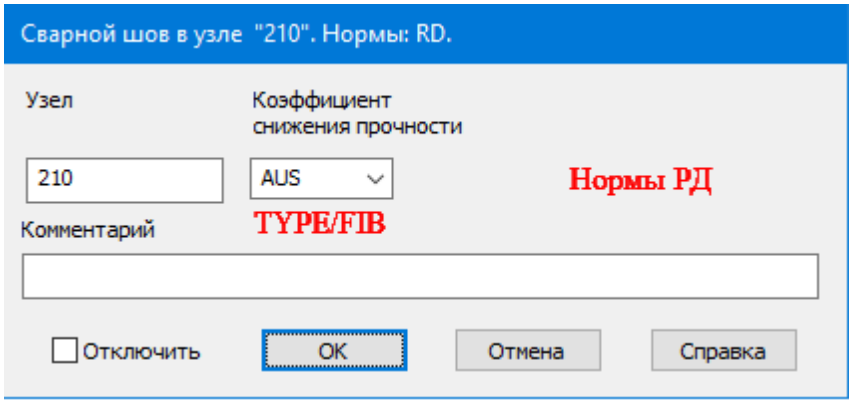
CODE = 'ASME_NB', CLS = 1



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)



Тип: локальная геометрическая команда

Функция: моделирование поперечного сварного шва трубопровода;

Параметры:

FIB коэффициент снижения прочности

тип: REAL
единицы: -

значение по умолчанию: 0.9
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: 0.9
область возможных значений: 0 < FWS ≤ 1

TYPE - в случае использования норм ПНАЭтип 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 хромоникилиевые 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

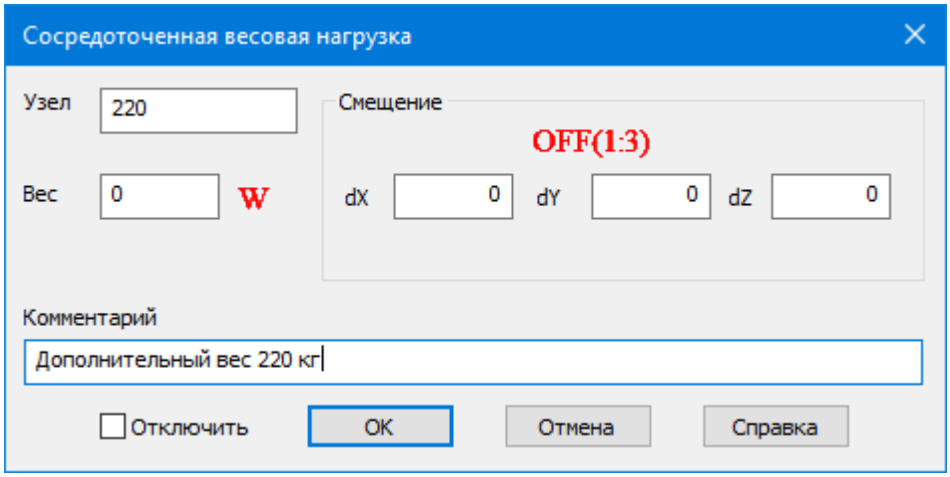
Пример:

```
2000: WLD FIB 0.9 FWS 1
```

или

```
2000: WLD TYPE 'CS'
```

Сосредоточенный вес (CW)



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:	≥ 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:	-

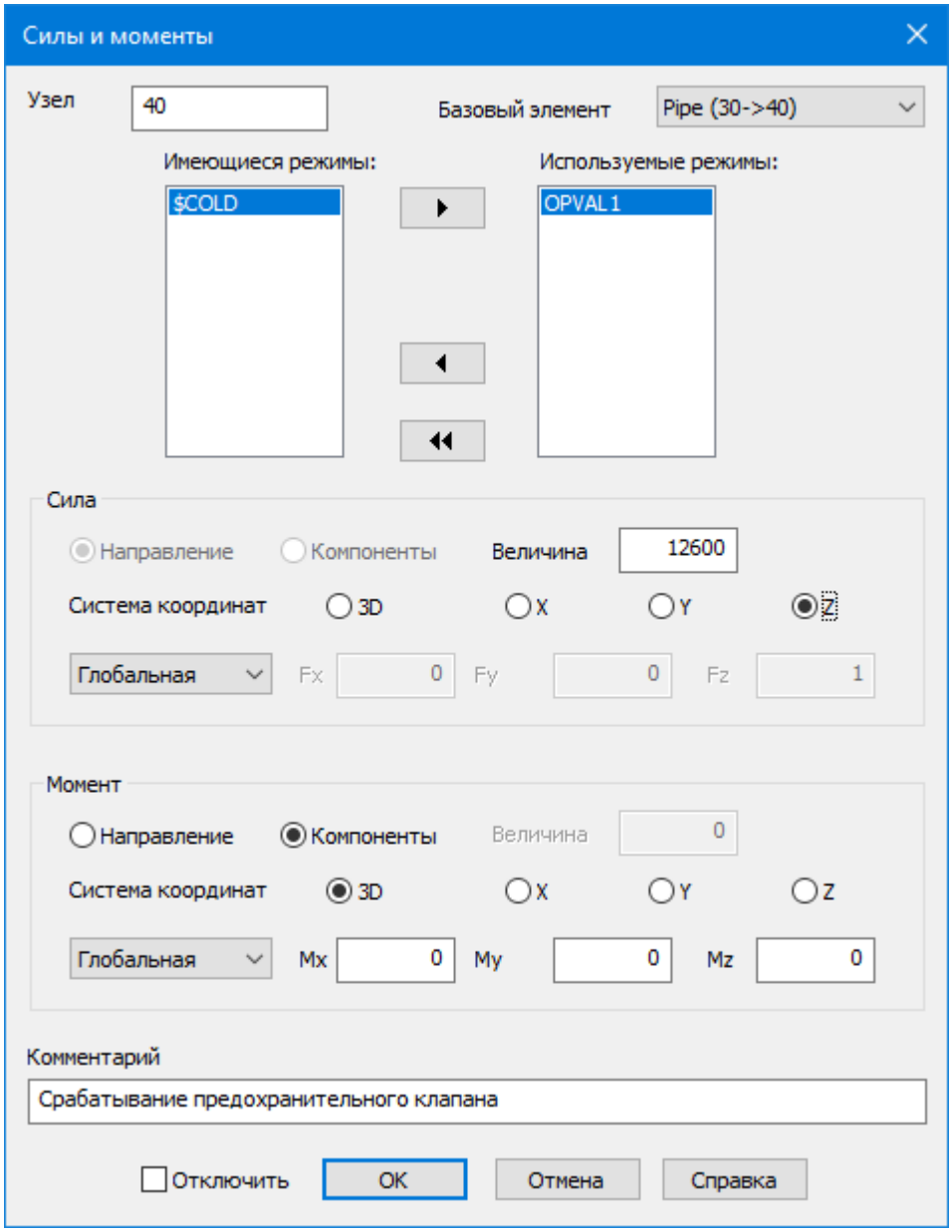
Примечания:

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[1)]

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.

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)[2)] 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)[2)] 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)[2)] 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

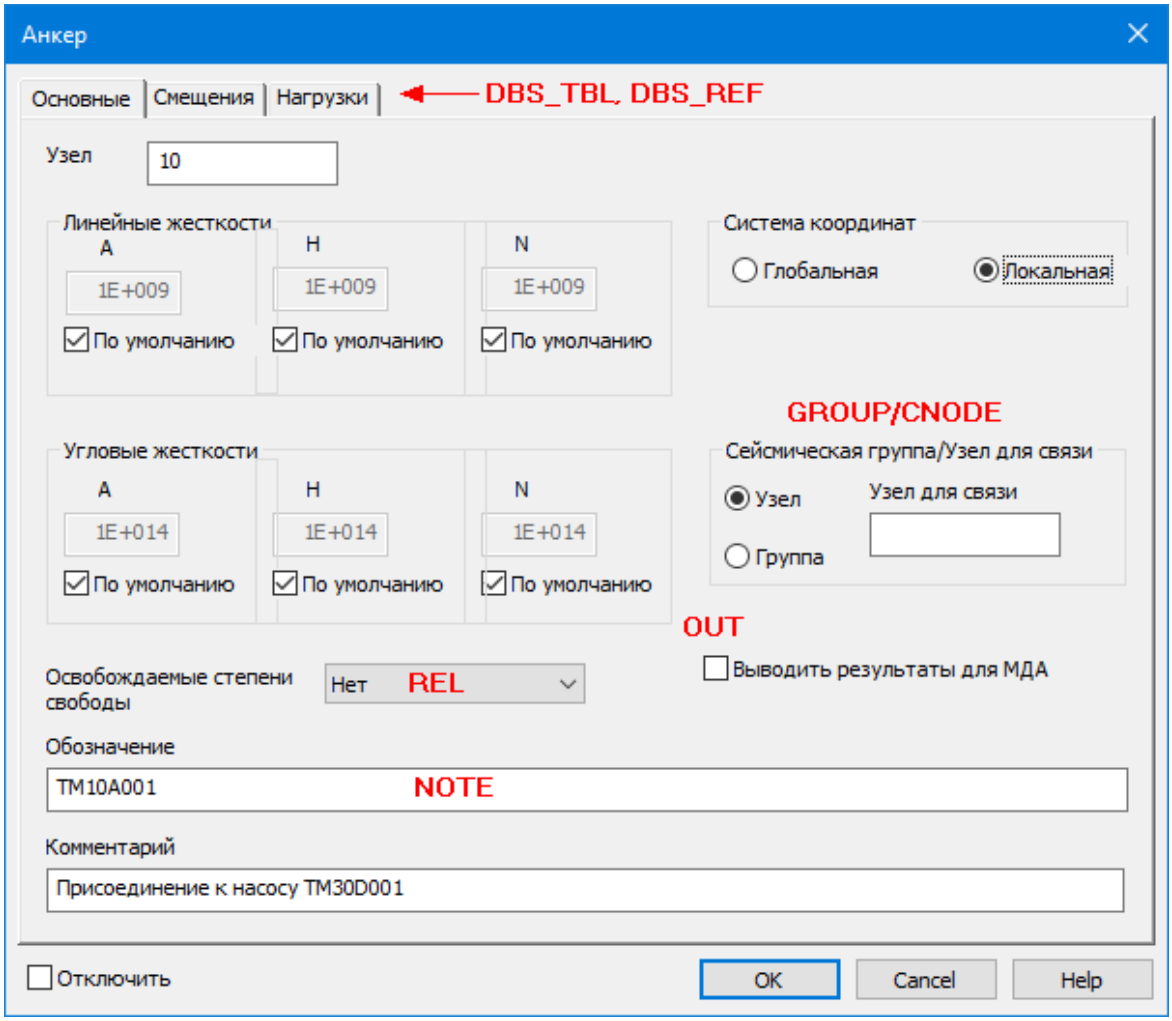
```
DJ10N: FOR
& mode = 'HOT',   fz = 2000
& mode = 'REG_1', fz = 1000
& mode = 'REG_2', fz = 20
```

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.*

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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:	≥ 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: ≥ 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: ≥ 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: ≥ 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: ≥ 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: ≥ 0

REL[3)] 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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

область возможных значений:	см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

GROUP[4)] 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[4,5)] 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[6)] признак вывода оцифровки зависимостей типа "время - усилие - деформация" в текстовый файл (только в рамках метода динамического анализа, DYN='THA')

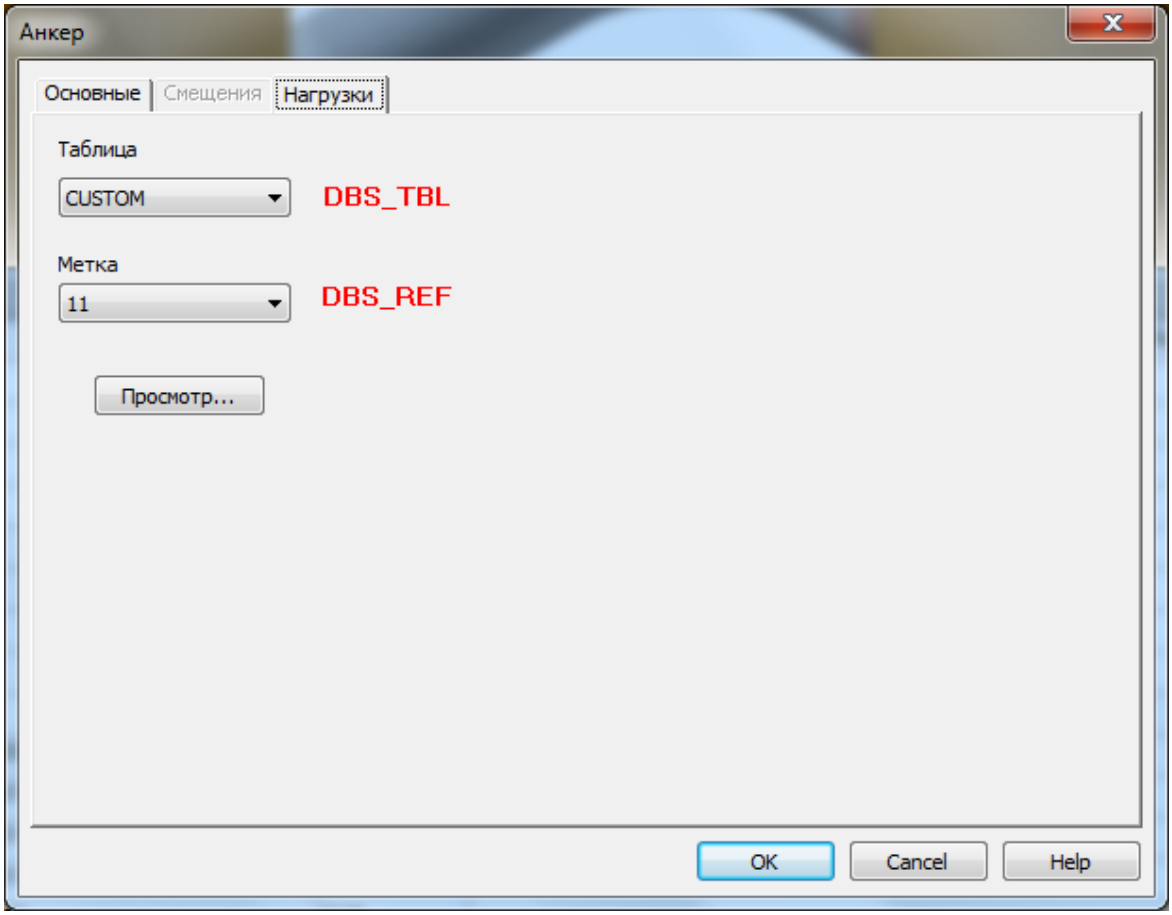
тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	'NO'
область возможных значений:	'YES' или 'NO'

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:	≥ 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:	≥ 0



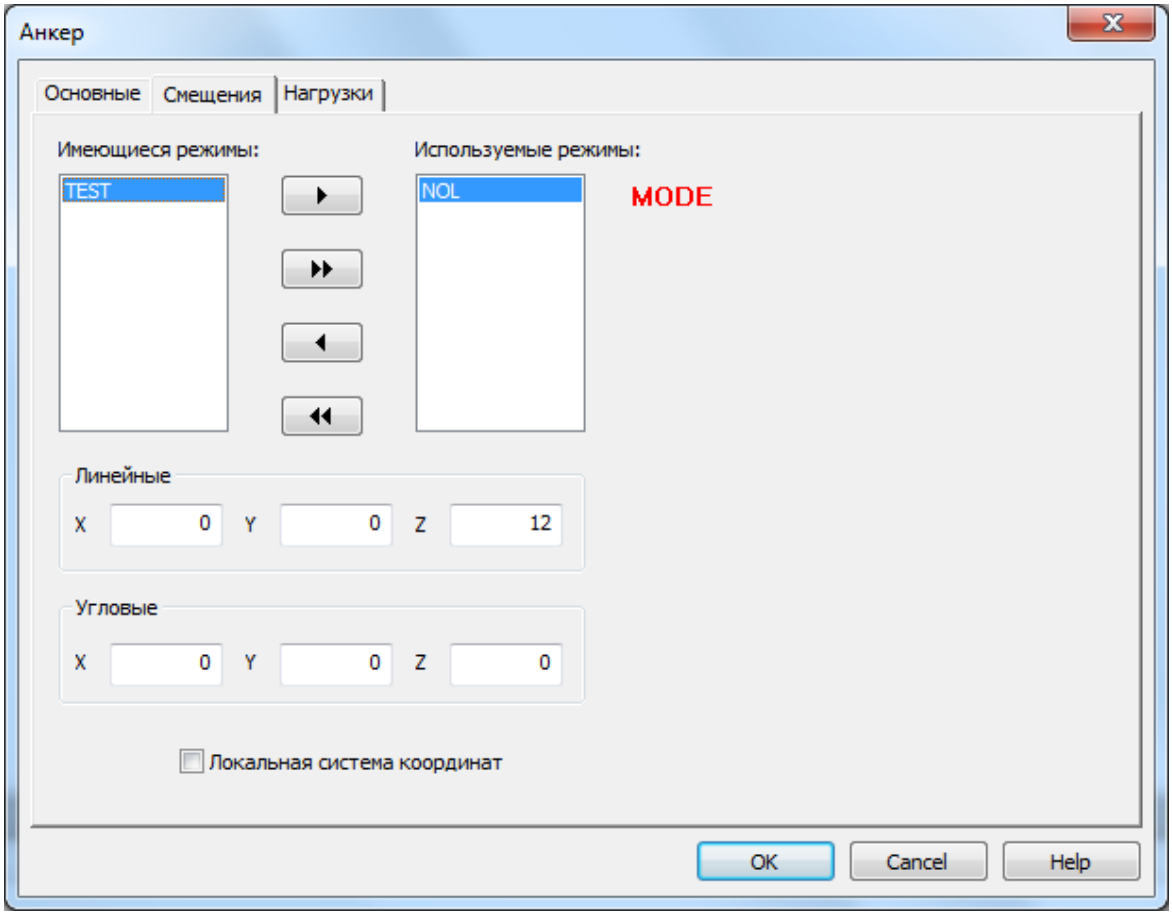
DBS_TBL ссылка на таблицу в БД по опорам

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-параметр



MODE идентификационное имя режима работы трубопровода. Используется для задания предопределенных 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:

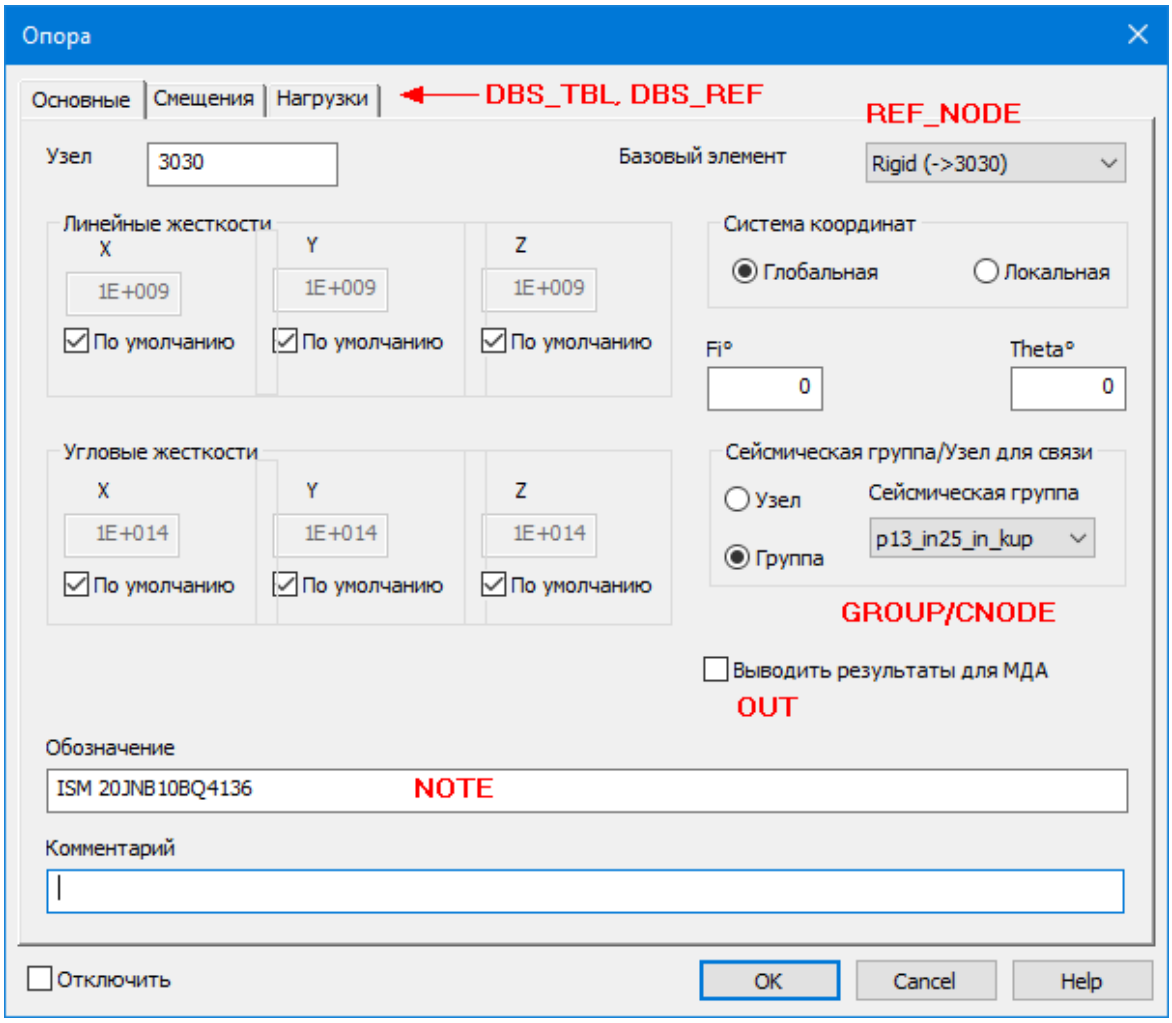
1) *Для всех опор вводится локальная система координат в соответствии с правилами, изложенными в Приложении II ;*
2) *команда ANC не может быть задана посередине пролета;*
3) *параметр **REL** учитывается только при выборе характеристик пружин, а именно, на этапе расчета, для которого в команде SOLV задан параметр T**YPE = '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).*

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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:	≥ 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:	≥ 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:	≥ 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:	≥ 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:	≥ 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:	≥ 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[2)] 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[2,3] 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[4] 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: ≥ 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: ≥ 0

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

REF_NODE[5)] 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 предопределенных 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: -

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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:	-

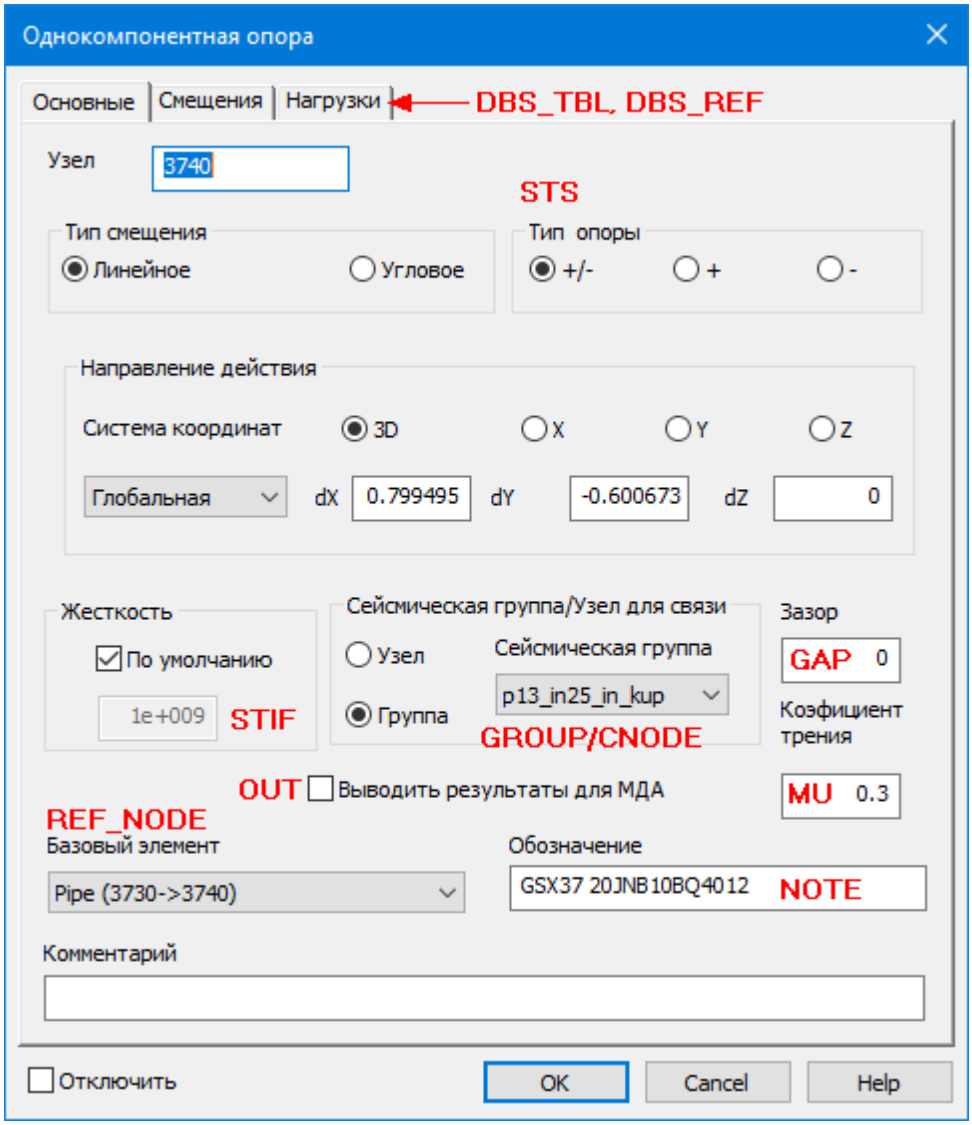
Примечания:

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 (Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz); 8 - 13 - динамические деформации опоры (Dx, Dy, Dz, Rx, Ry, Rz).*
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;[1)]

Параметры:

STIF жесткость опоры вдоль линии действия связи

тип:	REAL
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	rigid
область возможных значений:	≥ 0

DC или DS: направление действия опоры, описание параметров см. в разделе "Локальные команды" .

GAP[2)] зазор

тип: REAL
единицы: мм
значение по умолчанию: 0
область возможных значений: ≥ 0

MU коэффициент трения

тип: REAL
единицы: -
значение по умолчанию: 0
область возможных значений: 0 ≤ MU ≤ 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[3)] 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[3,4)] 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[5)] 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

Подкоманда

Тип: подкоманда

Функция: используется для задания предопределенных 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:

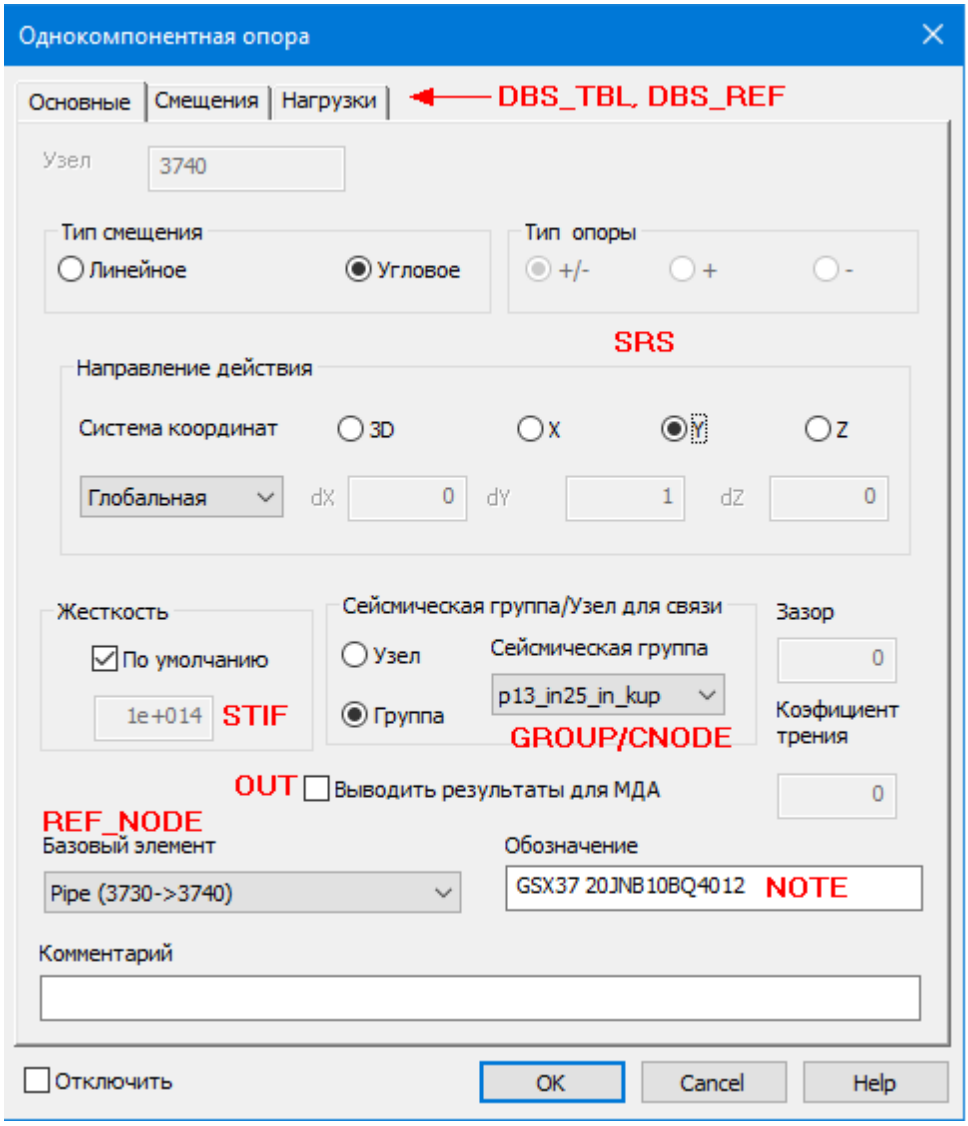
© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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:	≥ 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[2)] 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[2,3)] 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[4)] 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

Подкоманда

Тип: подкоманда

Функция: используется для задания предопределенных 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:	-

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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 (Mx, My, Mz); 5 - 7 - динамические угловые деформации опоры (Rx, Ry, Rz).*

Пример :

```
2000: SRS 1.e4 DC 1 1 0 NOTE "12RABQ001"
```

или

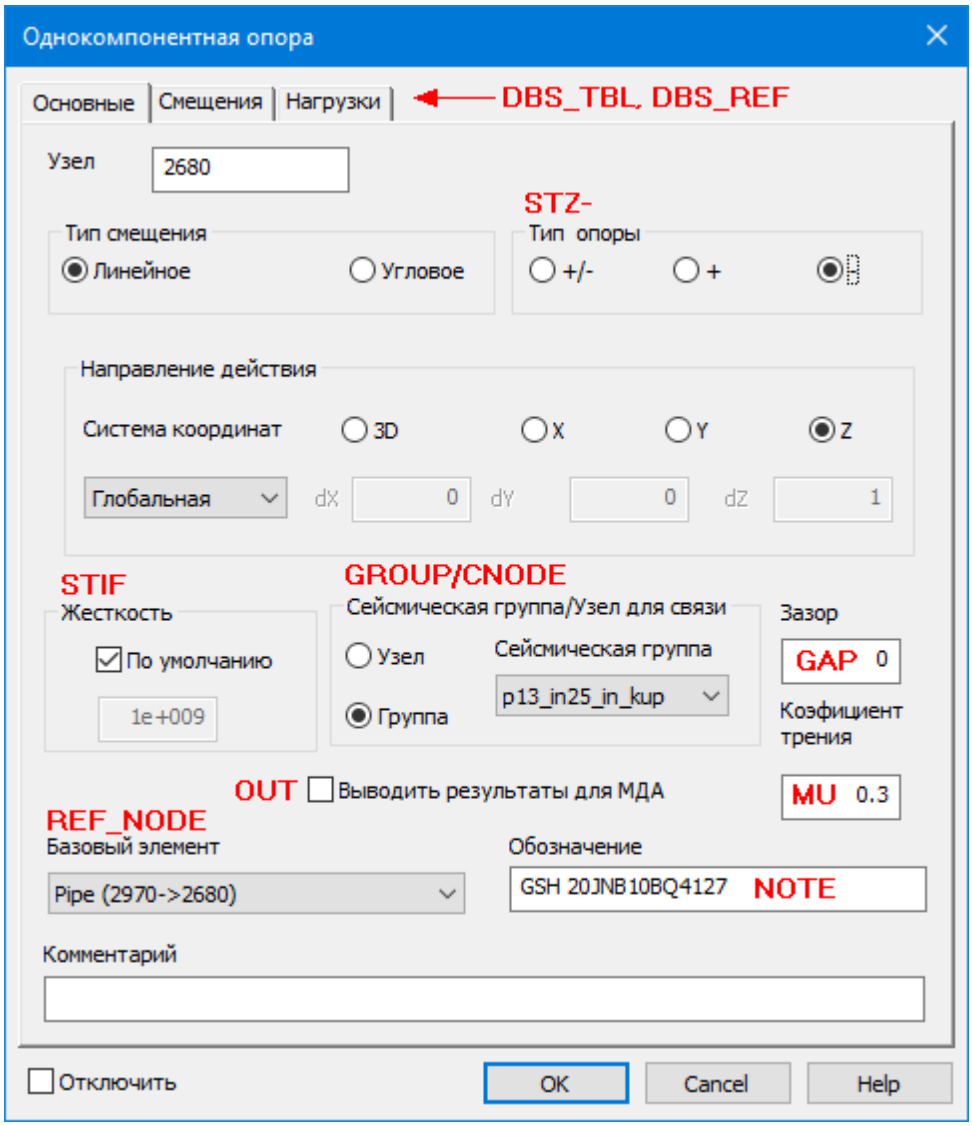
```
2000: SRN
```

или

```
2000: SRZ
```

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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:	≥ 0

DC или DS: направление действия опоры, описание параметров см. в разделе "Локальные команды" .

GAP[2)] зазор

тип: REAL
единицы: мм
значение по умолчанию: 0
область возможных значений: ≥ 0

MU коэффициент трения

тип: REAL
единицы: -
значение по умолчанию: 0
область возможных значений: 0 ≤ MU ≤ 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[4)] 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[4,5)] 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[6)] 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

Подкоманда

Тип: подкоманда

Функция: используется для задания предопределенных 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 :

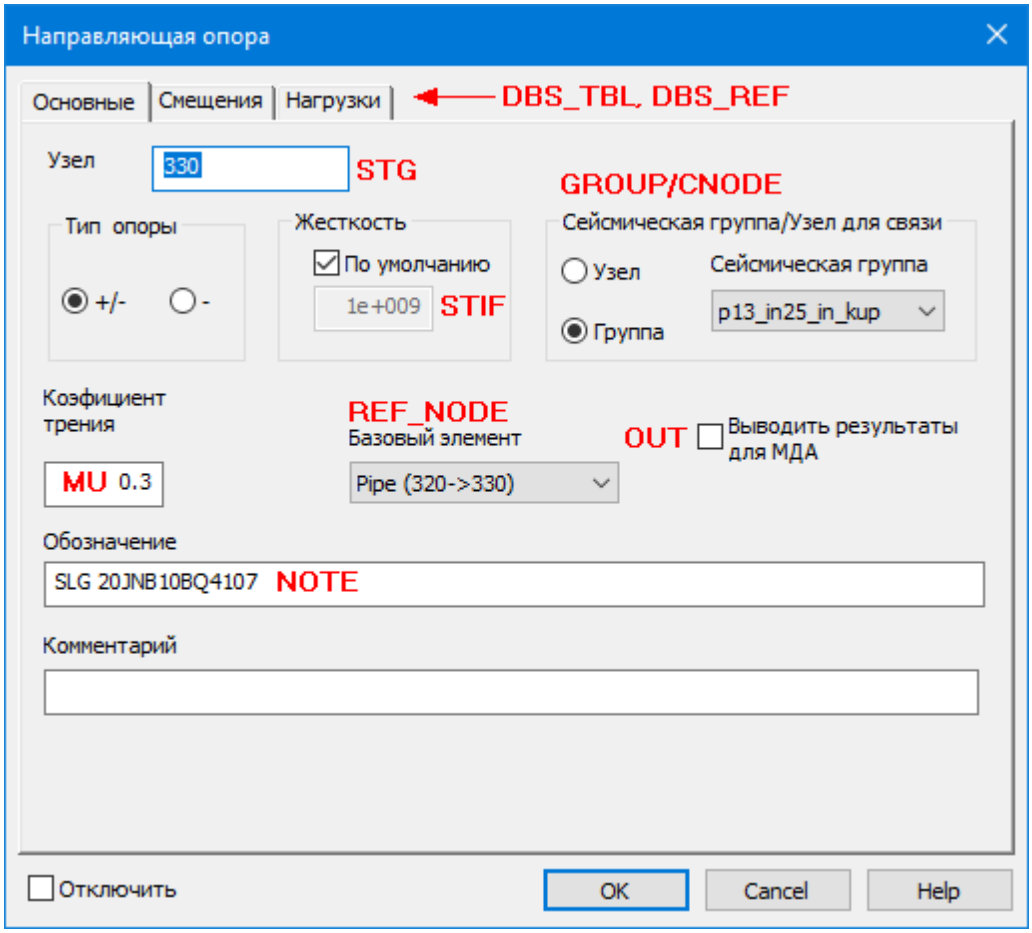
```
2000: STS+ 1.e4 DC 1 1 0 GAP 10 MU 0.3 NOTE "12RABQ001"
```

или :

```
2000: STX+ 1.e4 GAP 10 MU 0.3 NOTE "12RABQ001"
```

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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:	≥ 0

MU коэффициент трения

тип:	REAL
единицы:	-
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	0 ≤ MU ≤ 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[3)] 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[3,4)] 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[5)] 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

Подкоманда

Тип: подкоманда

Функция: используется для задания предопределенных 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) *команда STG- на вертикальном участке не используется. На участке трубопровода с направлением, отличным от вертикального возможно использование обеих форм команды STG: "STG mu" эквивалентна командам "STH mu" + "STN- mu";*
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 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", 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).*

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

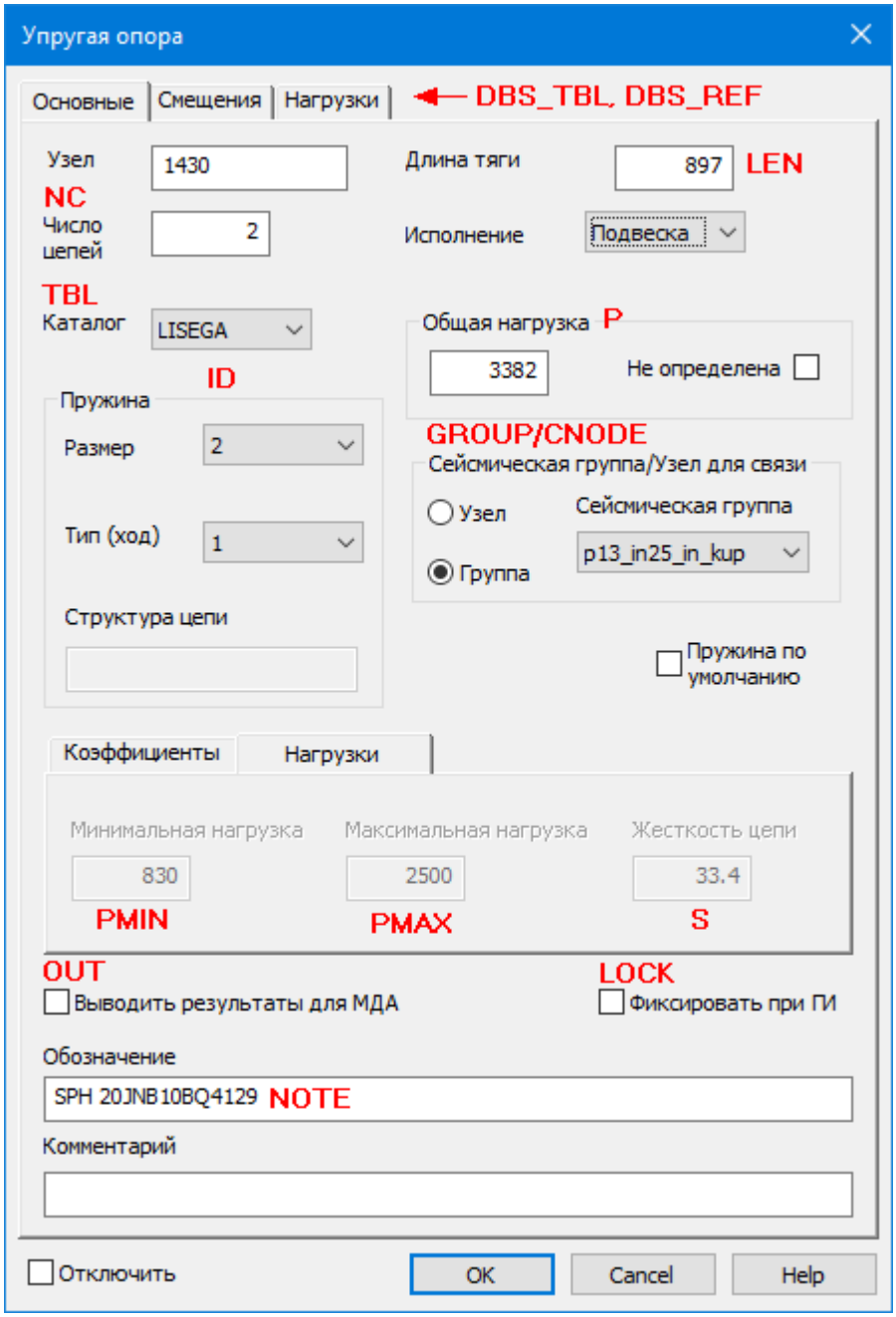
Пример:

```
2000: STG MU 0.3
```

или:

```
2000: STG-
```

Пружинная подвеска/опора (SPR)



Тип: локальная геометрическая команда

Функция: моделирование пружинной подвески или пружинной опоры;

Параметры:

NC[1)] число пружинных цепей

тип:	INTEGER
единицы:	-
значение по умолчанию:	1
область возможных значений:	|NC| ≥ 1

P общая нагрузка на подвеску

тип:	REAL
единицы:	Н
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	≥ 0 (кроме расчетов типа 'OPER_R')

S жесткость одной цепи

тип:	REAL
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	≥ 0

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[2)] 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:	≥ 0

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

PMIN минимальная нагрузка на одну цепь

тип:	REAL
единицы:	Н
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

LEN длина тяги подвески

тип:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

PVAR коэффициент изменения нагрузки

тип:	REAL
единицы:	-
значение по умолчанию:	0.35
область возможных значений:	0 ≤ PVAR ≤ 1

PFAC коэффициент запаса по нагрузке

тип:	REAL
единицы:	-
значение по умолчанию:	1.3
область возможных значений:	PFAC ≥ 1

ZMAX максимальная структура цепи

тип:	INTEGER
единицы:	-
значение по умолчанию:	определяется в соответствии с параметрами, приведенными в базе данных, либо указанными в команде SDEF
область возможных значений:	ZMAX ≥ 1

ZMIN минимальная структура цепи

тип:	INTEGER
единицы:	-
значение по умолчанию:	определяется в соответствии с параметрами, приведенными в базе данных, либо указанными в команде SDEF
область возможных значений:	ZMIN ≥ 1

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

NOTE обозначение

тип:	STRING
единицы:	-
значение по умолчанию:	blank
область возможных значений:	см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

GROUP[4)] 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[4,5)] 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[6)] 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

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 предопределенных 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 ≥ 1 опора отображается как пружинная подвеска, при NC ≤ -1 - как пружинная опора;

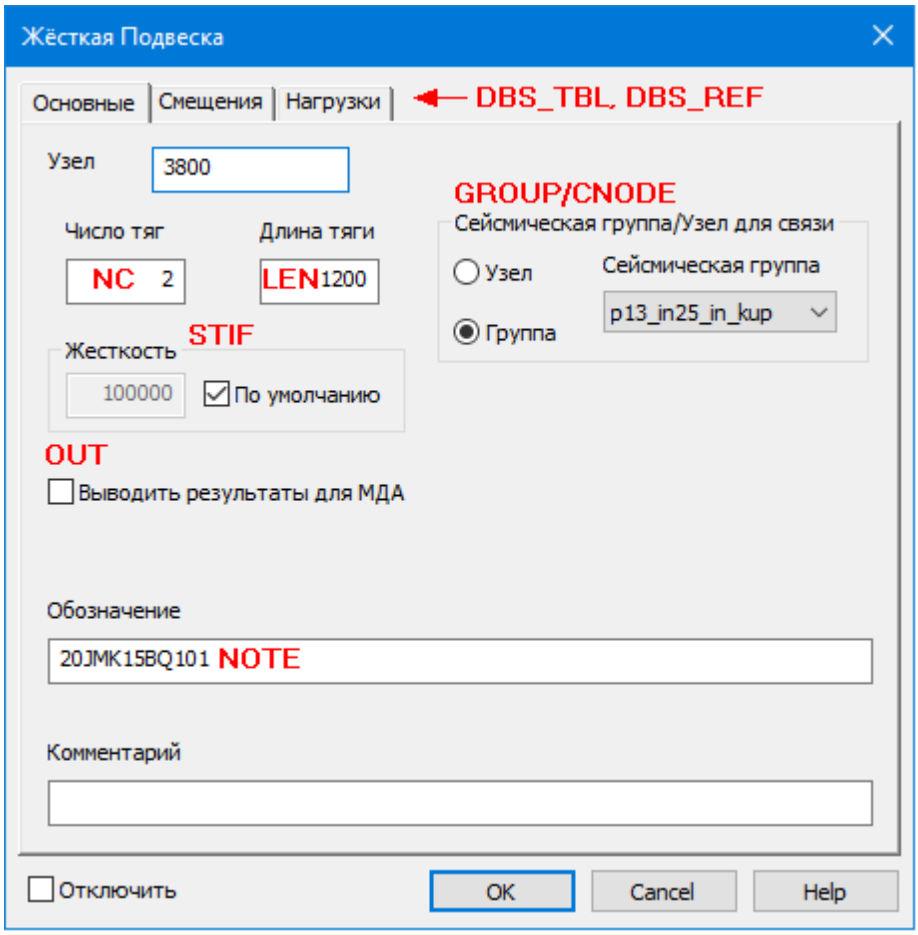
© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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)



Тип: локальная геометрическая команда

Функция: моделирование жесткой подвески;

Параметры:

NC число тяг

тип:	≥NT
единицы:	-
значение по умолчанию:	1
область возможных значений:	≥ 1

LEN длина тяги подвески

тип:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

STIF жесткость тяги

тип:	REAL
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	RH_STF
область возможных значений:	≥ 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[2)] 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[2,3)] 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[4)] 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

Подкоманда

Тип: подкоманда

Функция: используется для задания предопределенных 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:

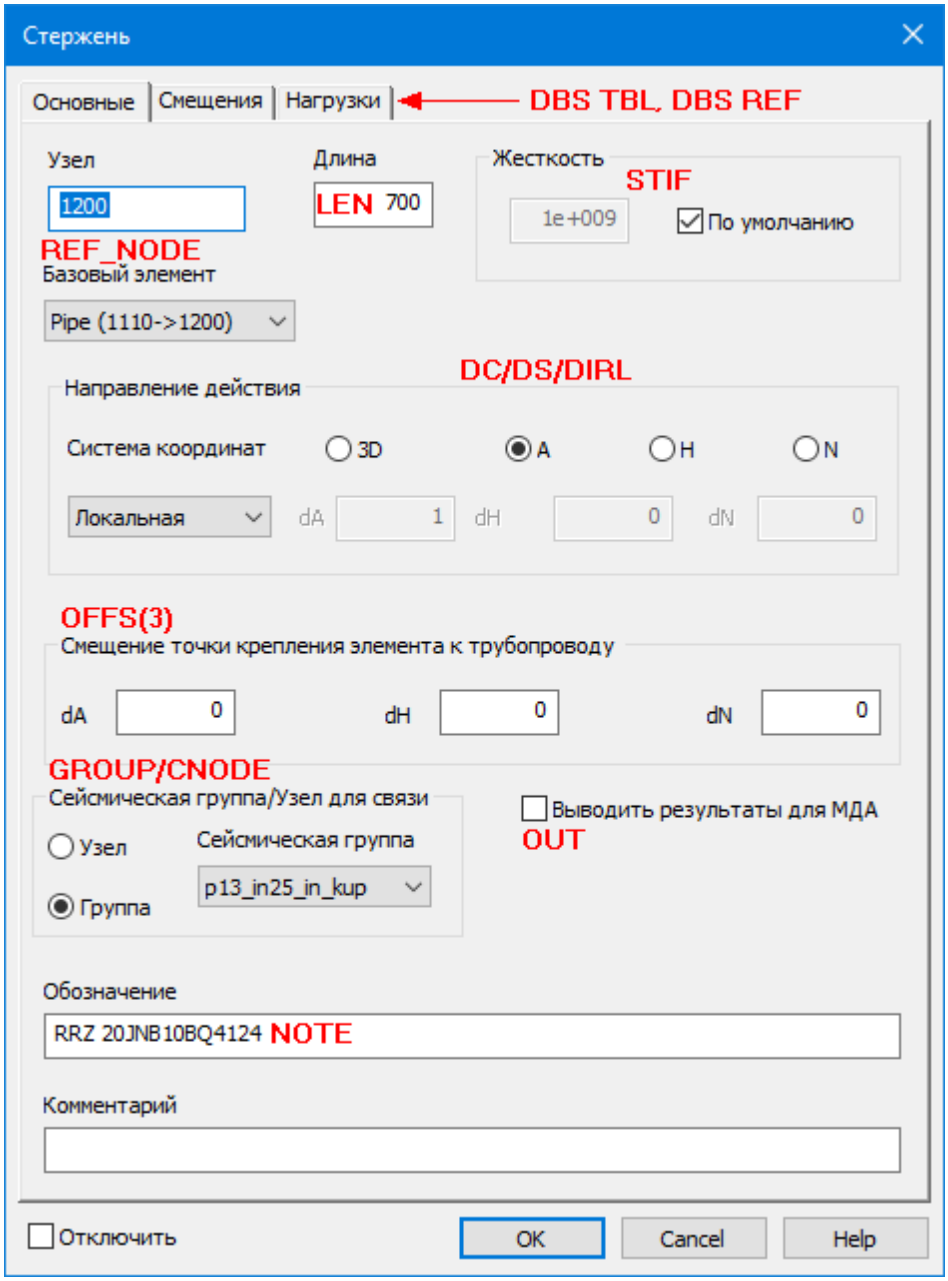
1) *Элемент "жесткая подвеска" является односторонней связью, ограничивающей перемещения трубопровода вертикально вниз.*
2) *параметры GROUP и CNODE являются взаимоисключающими;*
3) *параметр CNODE определяет метку узла расчетной модели, с которой связывается опора;*
4) *при значении параметра OUT = '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 (Fx, Fy, Fz); 5 - 7 - динамические деформации опоры (Dx, Dy, Dz).*

Пример :

```
2000: ROD NC 2 LEN 1000. NOTE "12RABQ005"
```

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Жесткий стержень (STRT)



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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

STIF жесткость стержня

тип:	REAL
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	rigid
область возможных значений:	≥ 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:	REAL(3)
единицы:	мм
размерность	массив из трех чисел
значение по умолчанию:	0, 0, 0
область возможных значений:	-

NOTE обозначение

тип:	STRING
единицы:	-
значение по умолчанию:	blank
область возможных значений:	см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

GROUP[1)] 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[1,2)] 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[3)] 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

Подкоманда

Тип: подкоманда

Функция: используется для задания предопределенных 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:

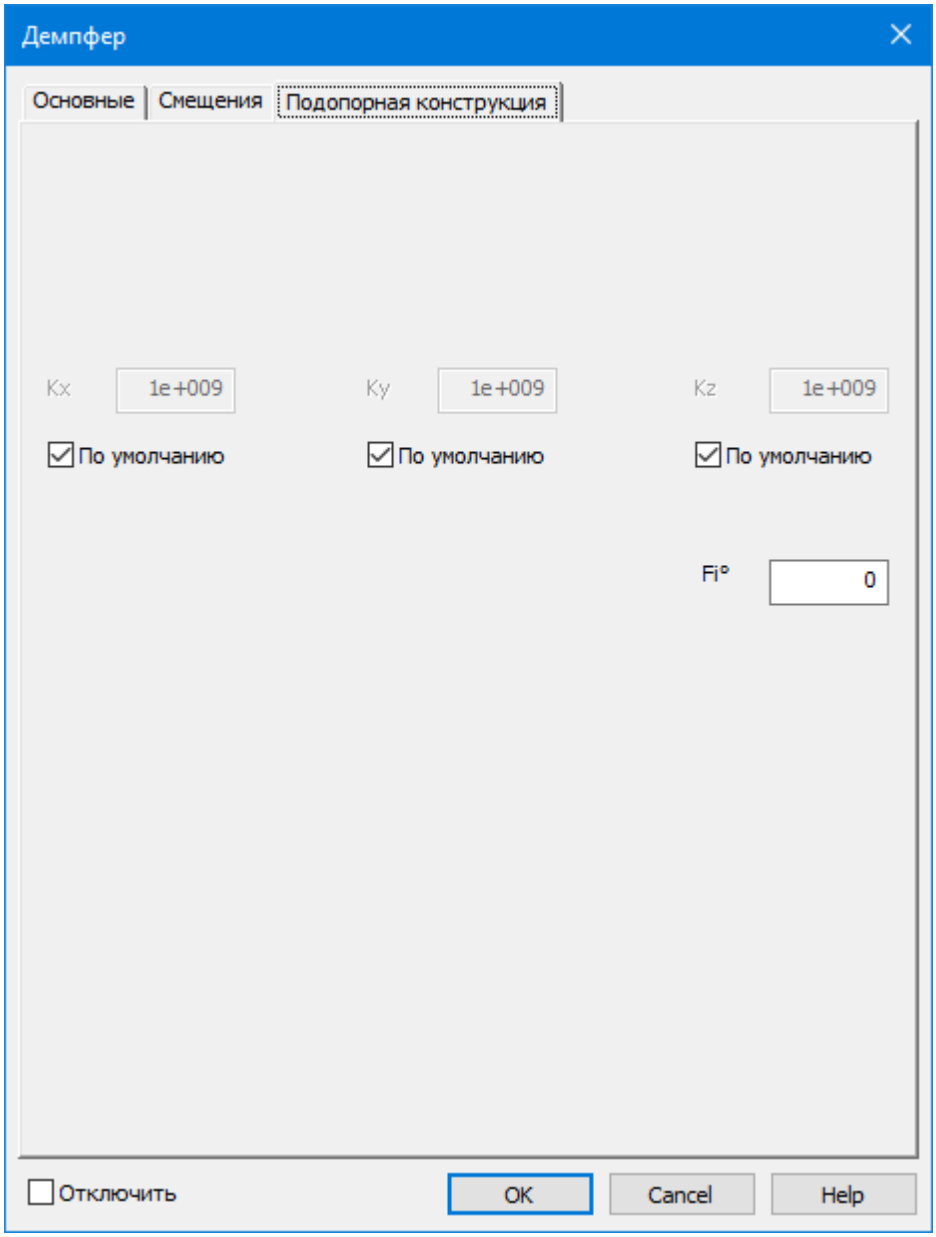
1) *параметры GROUP и CNODE являются взаимоисключающими;*
2) *параметр CNODE определяет метку узла расчетной модели, с которой связывается опора;*
3) *при значении параметра OUT = 'YES' после выполнения расчета в рабочем каталоге модели появляется файл, имеющий имя типа "STRT_001_100.dat". В имени файла "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
```

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Демпфер (DMP)



Тип: локальная геометрическая команда

Функция: моделирование демпферной опоры (вязкоупругого демпфера);

Параметры:

NAME имя демпфера

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	blank
область возможных значений:	(1)

TYPE модель демпфера

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	'VED'
область возможных значений:	'VED', 'VIS', 'MXW'

TD[2)] 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:	≥ 0

LV номинальная нагрузка по вертикали

тип:	REAL
единицы:	Н
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

DH допускаемые перемещения по горизонтали

тип:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

DV допускаемые перемещения по вертикали

тип:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

область возможных значений:	≥ 0

FH характерная частота по горизонтали

тип:	REAL
единицы:	Гц
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

FV характерная частота по вертикали

тип:	REAL
единицы:	Гц
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

CH жесткость по горизонтали

тип:	REAL
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

CV жесткость по вертикали

тип:	REAL
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

VH вязкость по горизонтали

тип:	REAL
единицы:	Н*сек/мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

VV вязкость по вертикали

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

тип: REAL
единицы: Н*сек/мм
значение по умолчанию: 0
область возможных значений: ≥ 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: ≥ 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: ≥ 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[3)] 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[4)] обозначение

тип: STRING
единицы: -
значение по умолчанию: blank
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

CNODE[4,5] 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 подопорных конструкций

тип:	REAL
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	rigid
область возможных значений:	≥ 0

FI угол поворота глобальных осей подопорной конструкции вокруг оси Z (аналог угла DS(1) для сферической системы координат)

тип:	REAL
единицы:	град
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

Подкоманда

Тип: подкоманда

Функция: используется для задания предопределенных 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) *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:*

$$Si_t = 1.47 \bullet Si_{20}^{\circ} \bullet e^{-0.0193 \bullet t}, \text{ где}$$

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:

$$t = k \bullet (t_m - t_s) + t_s, \text{ где:}$$

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 (Fx, Fy, Fz); 5, 6, 7 - динамические деформации демпфера (Dx, Dy, Dz). Параметр OUT используется только для вязкой или максвелловской модели демпфера (TYPE = 'VIS' или 'MXW').*

4) параметры GROUP и CNODE являются взаимоисключающими;

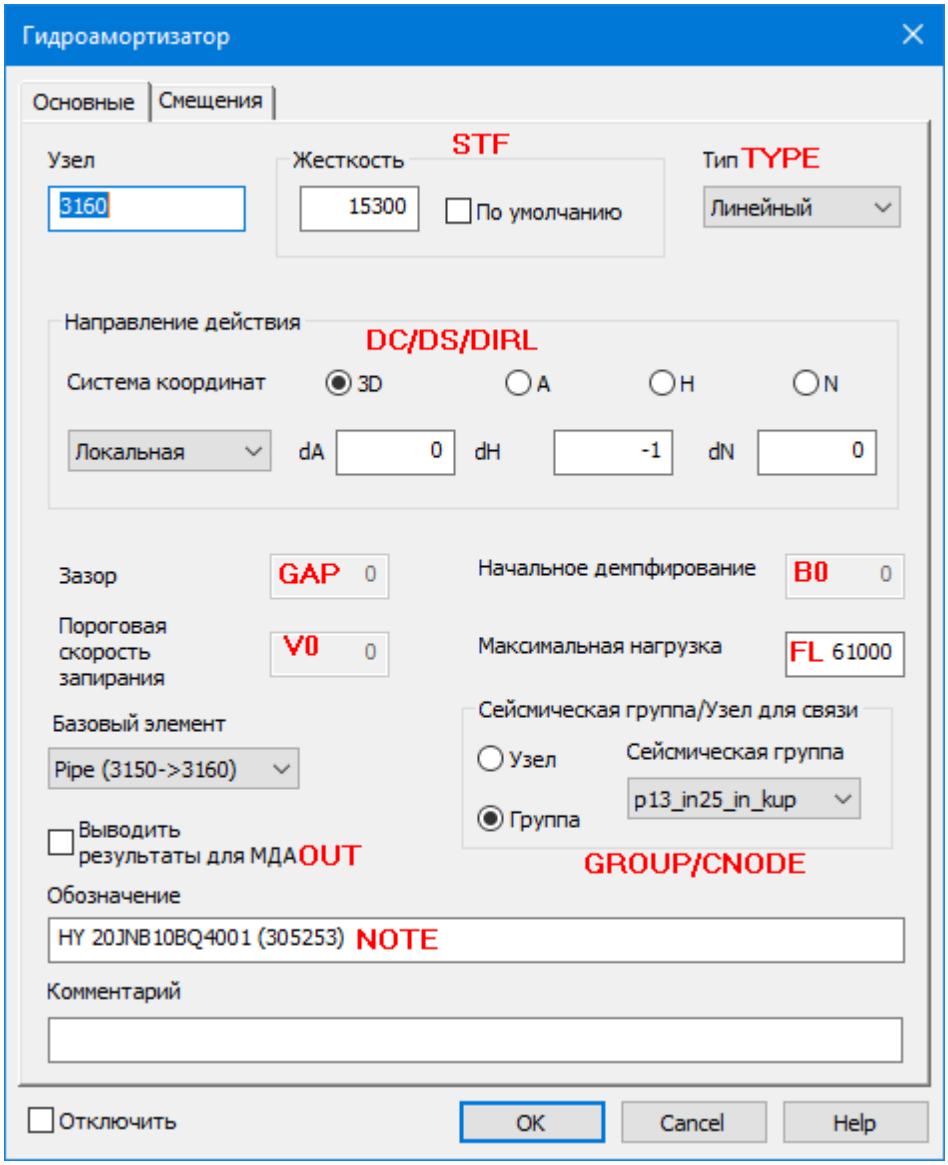
5) *параметр CNODE определяет метку узла расчетной модели, с которой связывается опора.*

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
```

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Динамический амортизатор (SNUB)



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 умолчанию:	rigid
область возможных значений:	≥ 0

DC или DS: направление действия амортизатора, описание параметров см. в разделе "Локальные команды".

DIRL[2)]: 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 умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

V0 пороговая скорость запирания гидроамортизатора

тип:	REAL
единицы:	мм/сек
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

B0 начальное демпфирование в гидроамортизаторе

тип:	REAL
единицы:	Н*сек/мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

FL максимальная несущая способность

тип:	REAL
единицы:	Н
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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[3)] 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[4)] обозначение

тип:	STRING
единицы:	-
значение по умолчанию:	blank
область возможных значений:	см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

CNODE[4,5)] 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

Подкоманда

Тип: подкоманда

Функция: используется для задания предопределенных 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:	-

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

DY смещение опоры по глобальной оси Y

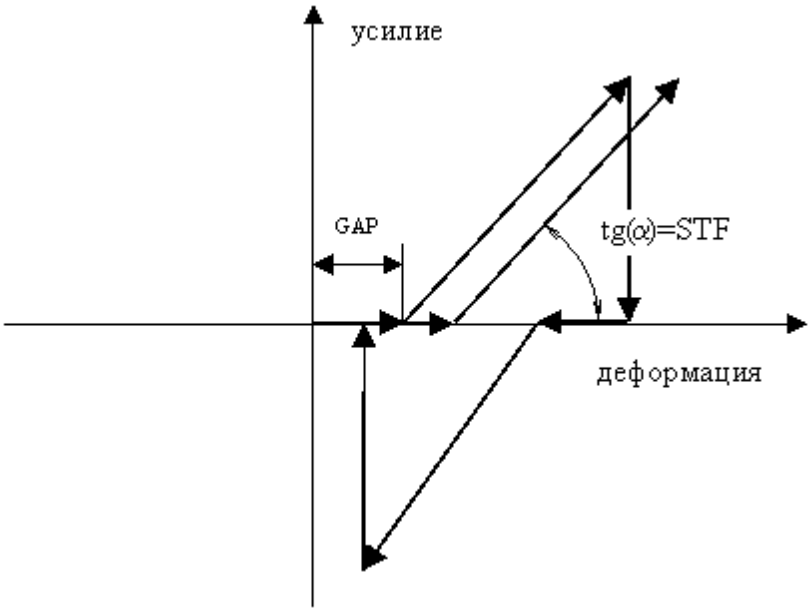
тип:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	-

DZ смещение опоры по глобальной оси Z

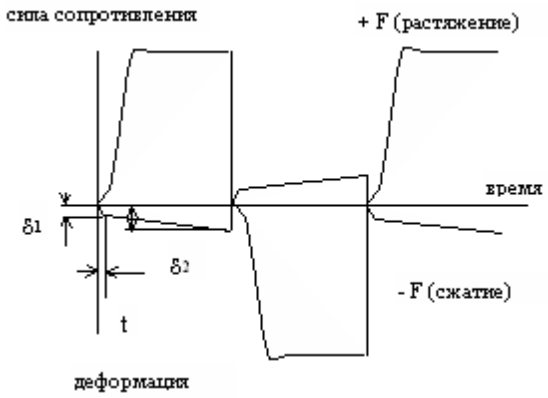
тип:	REAL
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	-

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	ЛСМ, МДА
механический (TYPE='MCH')	TYPE, STF, DC (DS), GAP, FL, GROUP, NOTE	МДА
гидравлический (TYPE='HDR')	TYPE, STF, DC (DS), V0, B0, FL, GROUP, NOTE	МДА

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;*

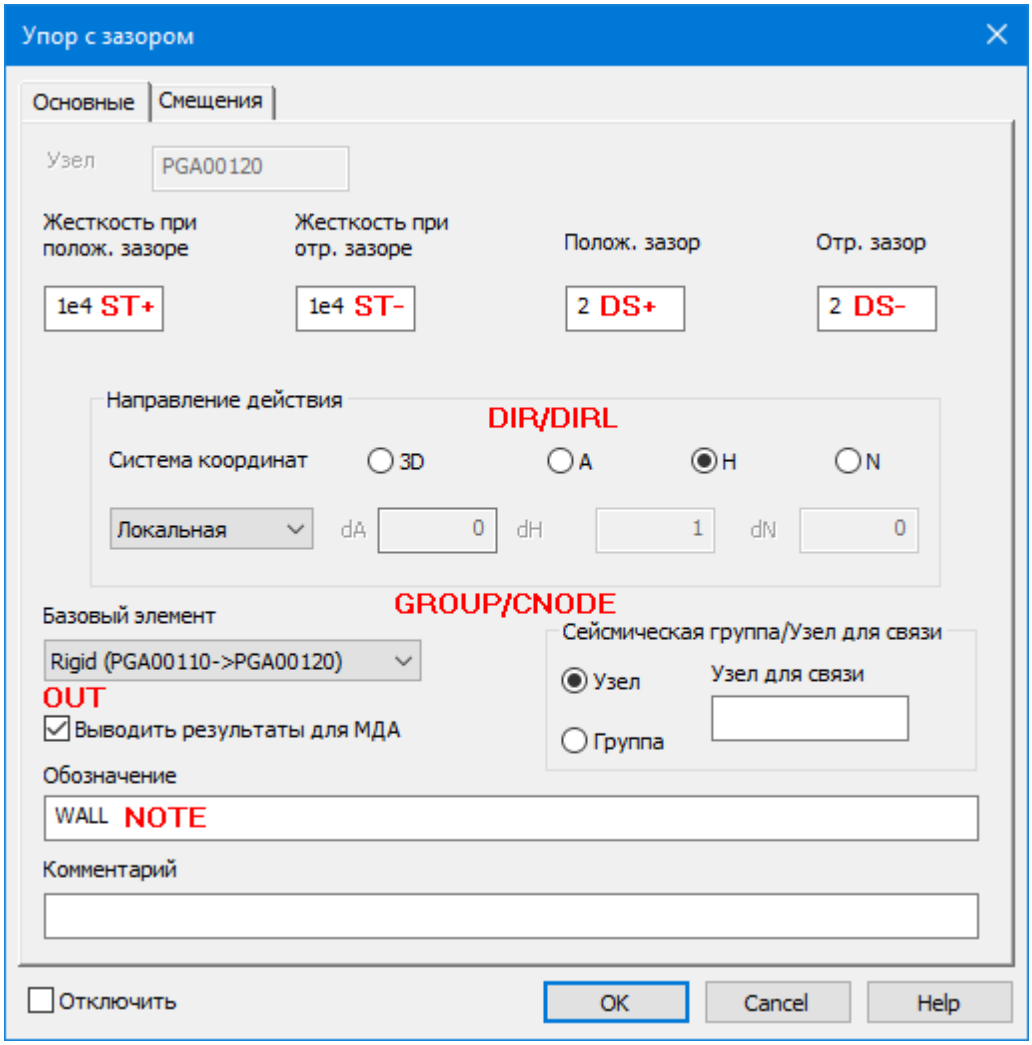
5) *параметр CNODE определяет метку узла расчетной модели, с которой связывается опора.*

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
```

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Динамический упор с зазорами (DGAP)



Тип: локальная геометрическая команда

Функция: задание элемента "упор с зазором"[1)]

Параметры:

ST+ жесткость упора, включающаяся при выборе положительного зазора

тип:	REAL
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥0

ST- жесткость упора, включающаяся при выборе отрицательного зазора

тип:	REAL
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥0

DS+ величина положительного зазора

тип: REAL
единицы: мм
значение по умолчанию: 0
область возможных значений: ≥0

DS- величина отрицательного зазора

тип: REAL
единицы: мм
значение по умолчанию: 0
область возможных значений: ≥0

DIR[2)] проекции линии действия элемента 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[2)] альтернативная форма задания направления действия элемента (в локальных координатах)

тип: TEXT
единицы: -
значение по умолчанию: -
область возможных значений: 'A', 'H', 'N'

OUT[3)] признак вывода на печать истории усилий/деформаций по времени

тип: TEXT
единицы: -
значение по умолчанию: 'NO'
область возможных значений: 'YES', 'NO'

NOTE обозначение

тип: STRING
единицы: -
значение по умолчанию: blank
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров

Подкоманда

Тип: подкоманда

Функция: используется для задания предопределенных 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:

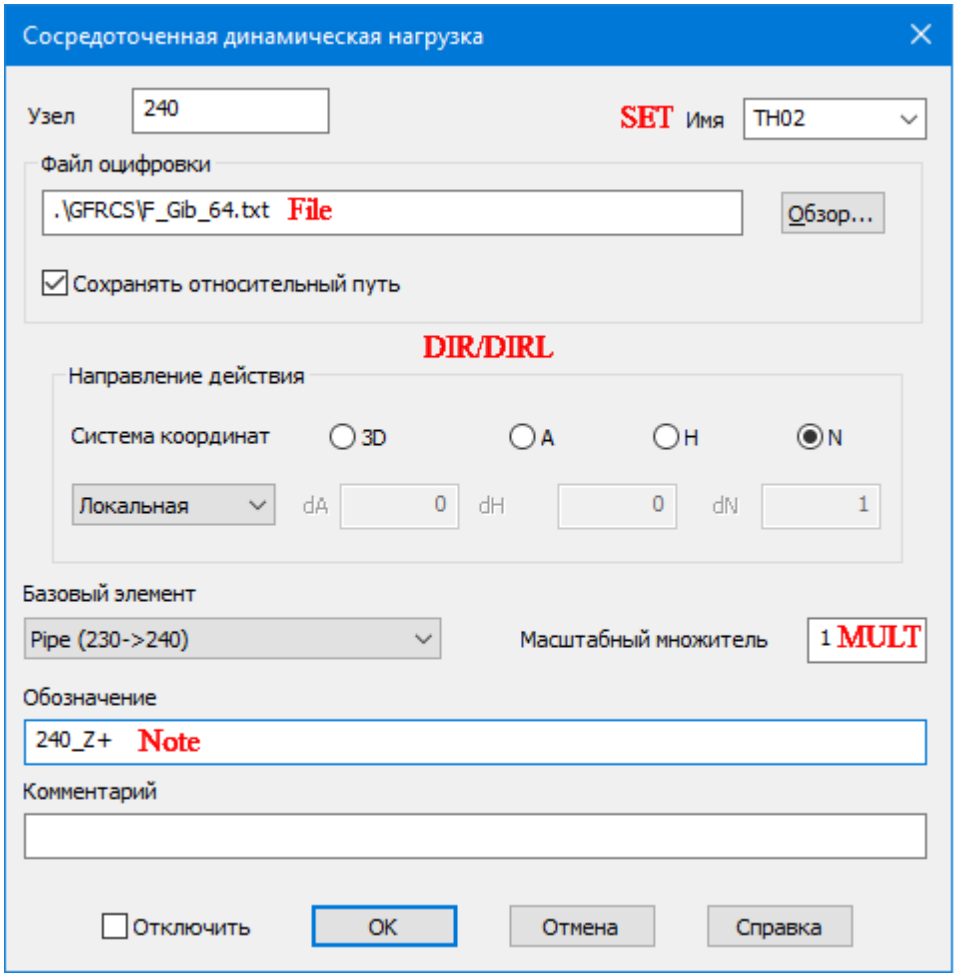
1) *Команда работает только при выполнении расчета по МДА (DYN='THA')*
2) *Параметры, определяющие направление действия элемента DIR и DIRL, являются взаимоисключающими. Для определения локальной системы координат см. Приложение II*
3) *При значении параметра OUT = 'YES' после выполнения расчета в рабочем 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'
```

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Сосредоточенная динамическая сила (DFRC)



Тип: локальная геометрическая команда

Функция: задание сосредоточенной силовой динамической нагрузки[1)]

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[2,3)] 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[4)] 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[4)] альтернативная форм задания направления действия сосредоточенной динамической нагрузки (в локальных координатах)

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	'A', 'H', 'N'

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.

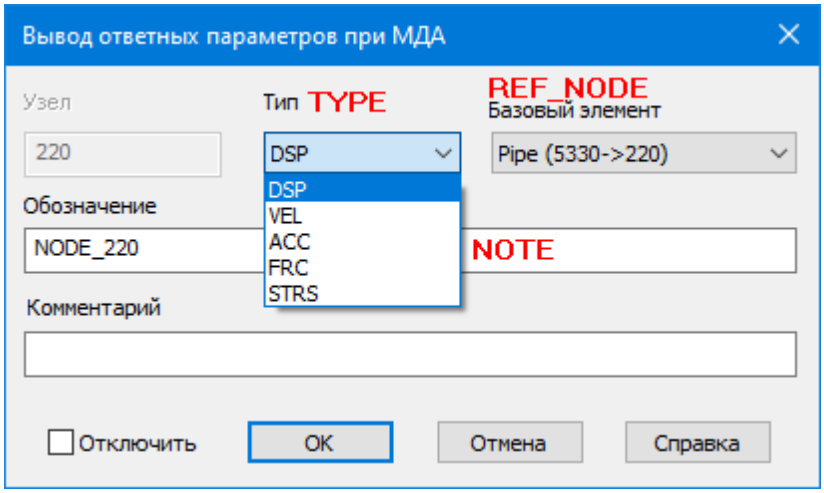
Пример:

```
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	

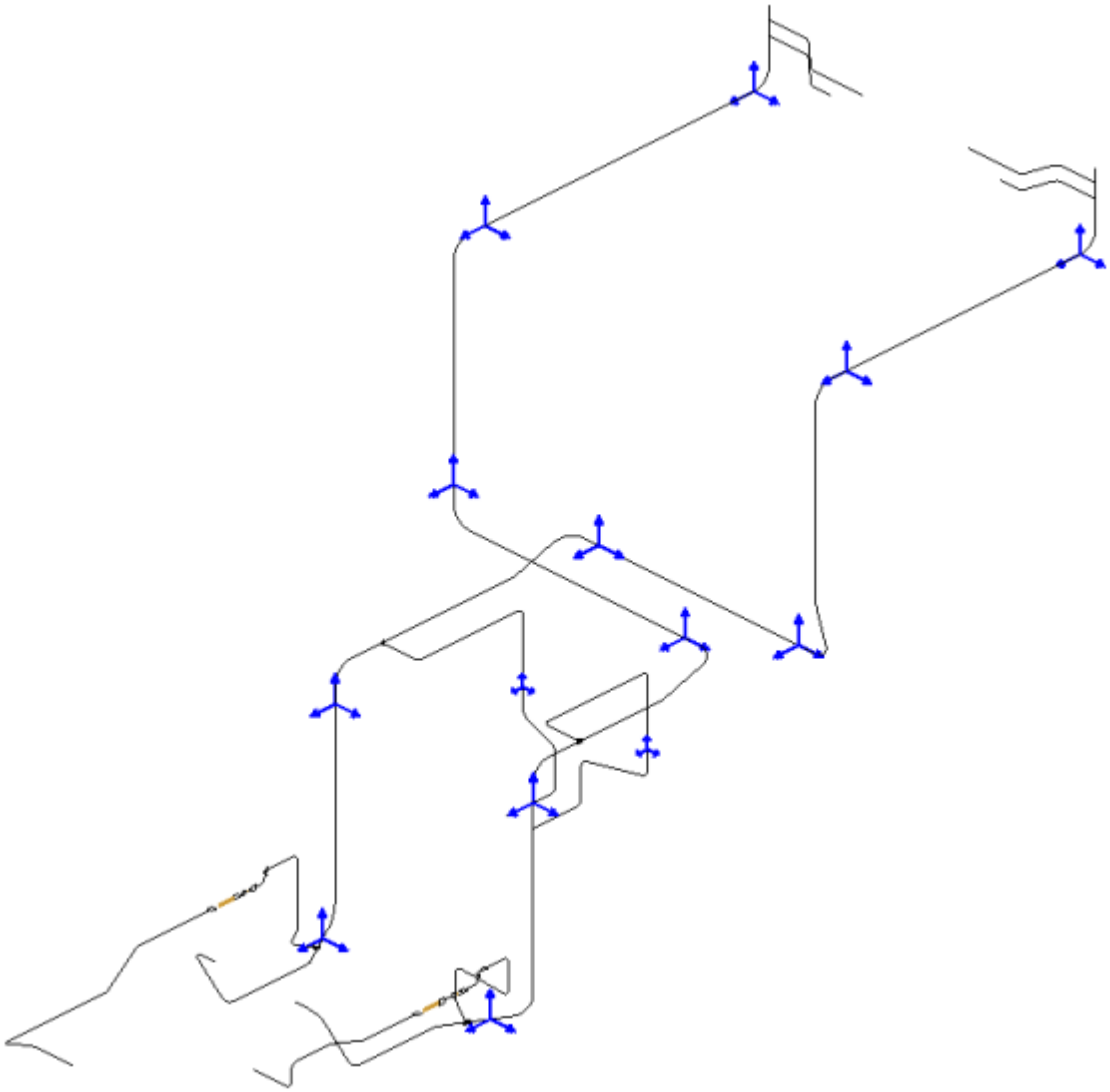
ACC	ускорения	ACC_NODE.dat	
FRC	внутренние усилия/деформации в элементе	TYPE_NODE1_NODE2.dat	(b)
STRS	напряжения категории S2 (только для CODE = 'PNAE')	TYPE_STRS_NODE1-NODE2.dat	(c)

(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>.sup печатается обобщенная таблица:

```
>>>  Перемещения трубопровода в точках установки указателей.
==============================================================================
================================
N указателя      DX      DY      DZ      RX          RY          RZ
Режим
   (узел)              ( мм )                      ( рад )
==============================================================================
================================
№ 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 ГИ
------------------------------------------------------------------------------
--------------------------------
№ 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
==========================================================================
==============================
```

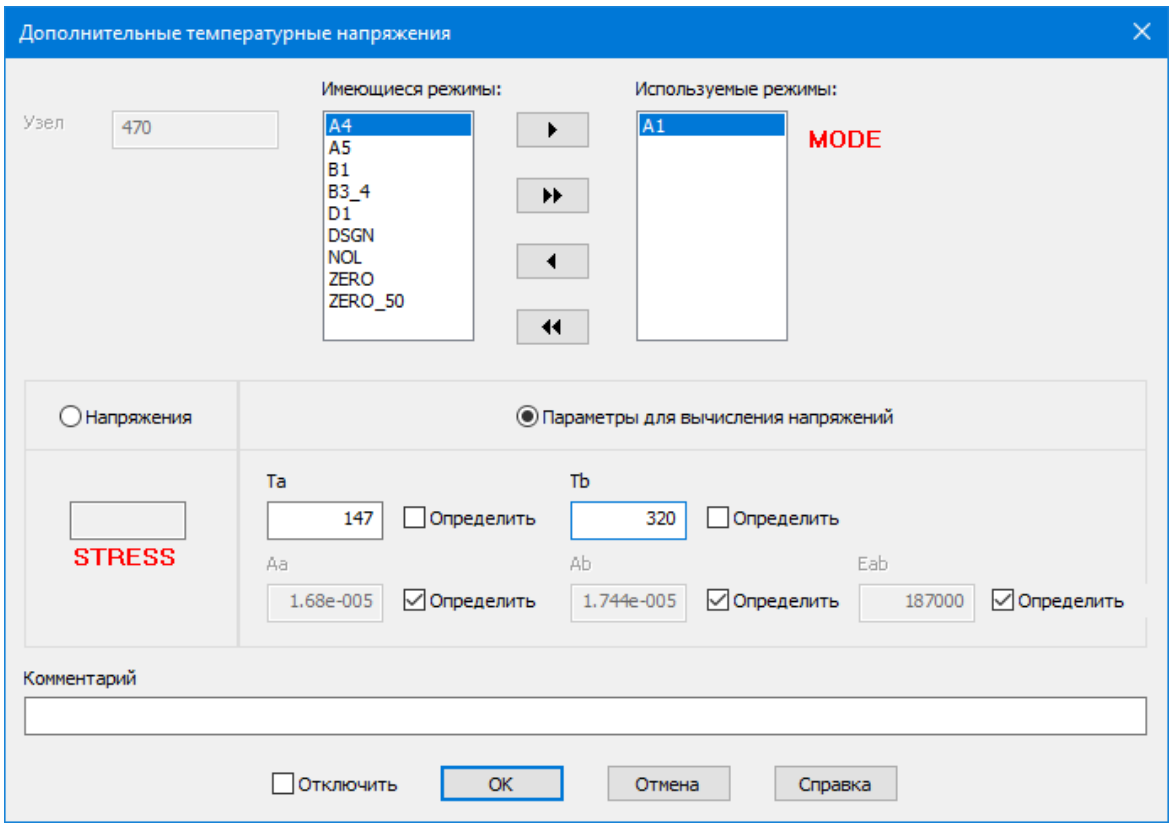
3) При значении параметра команды TH_OUT = ‘ACC’ в файле со сводными результатами (*.sup) появляется таблица вида:

```
>>>  Ускорения (g)
==================================
   Узел      AX       AY       AZ
==================================
3            2.63     2.38     1.48    AV204-1A
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 (Eab = 0.5*(Ea+Eb))

тип:	REAL
единицы:	МПа
значение по умолчанию:	определяется программой автоматически из исходных данных
область возможных значений:	≥ 0

AA, AB коэффициенты линейного расширения материала стенки

тип:	REAL
единицы:	1/°C
значение по умолчанию:	определяется программой автоматически из исходных данных
область возможных значений:	≥ 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*

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

возникают при любом переходе из одного рабочего состояния в другое. Напряжения вычисляются программой автоматически, при этом средние температуры стенок сопрягаемых деталей Ta и Tb 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.

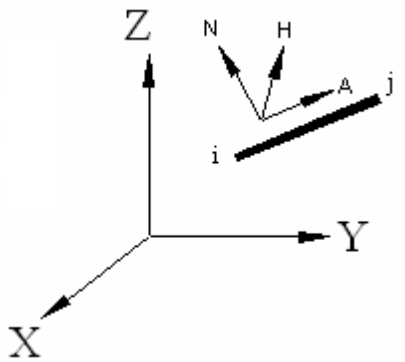
REF 17. Normativně Technická Dokumentace Asociace Strojních Inženýrů pro použití na jaderných elektrárnách typu VVER, NTD A.S.I. Sekce III, Příloha A, Hodnocení pevnosti zařízení a potrubí jaderných elektráren typu VVER, 2016
REF 18. WRC-300 (Welding Research Council). Technical position n industry practice, 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. ОТТ 1.5.2.01.999.0157-2013 «Опорные конструкции элементов атомных станций с водо-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***

10 Приложение I

Правило знаков и направление локальных координат для внутренних усилий в элементах.

I. Элементы "прямая труба", "балка"

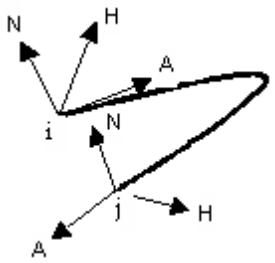
1. Локальная ось A направлена по оси элемента от узла i к узлу j.
2. Если локальная ось A не параллельна глобальной оси Z, то локальная ось N лежит в плоскости "локальная A – глобальная Z" и направлена так, что ее проекция на глобальную ось Z положительна. Локальная ось H строится по правилу "правой руки" (H = N x A)



3. Если локальная ось A параллельна глобальной оси Z, то локальная ось H совпадает с глобальной осью Y, а локальная N строится по правилу “правой руки” (N = A x H)

II. Криволинейный элемент "гиб".

1. Локальная ось A направлена по касательной к оси криволинейного элемента от узла i к узлу j.
2. Локальная ось H лежит в плоскости криволинейного элемента, перпендикулярно локальной оси A и направлена от центра кривизны.
3. Локальная ось N строится по правилу "правой руки" (N = A × H)

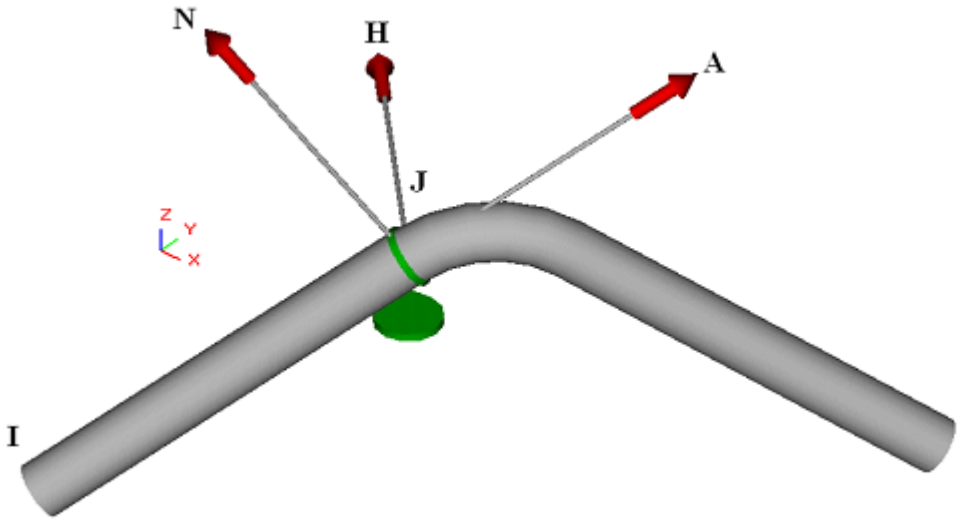


11 Приложение II

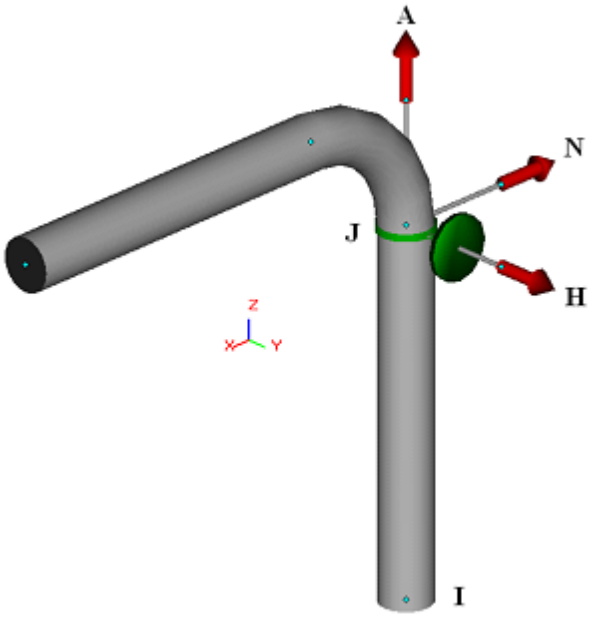
Направление локальных координат для опор

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 x 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 x H (см. рис.)



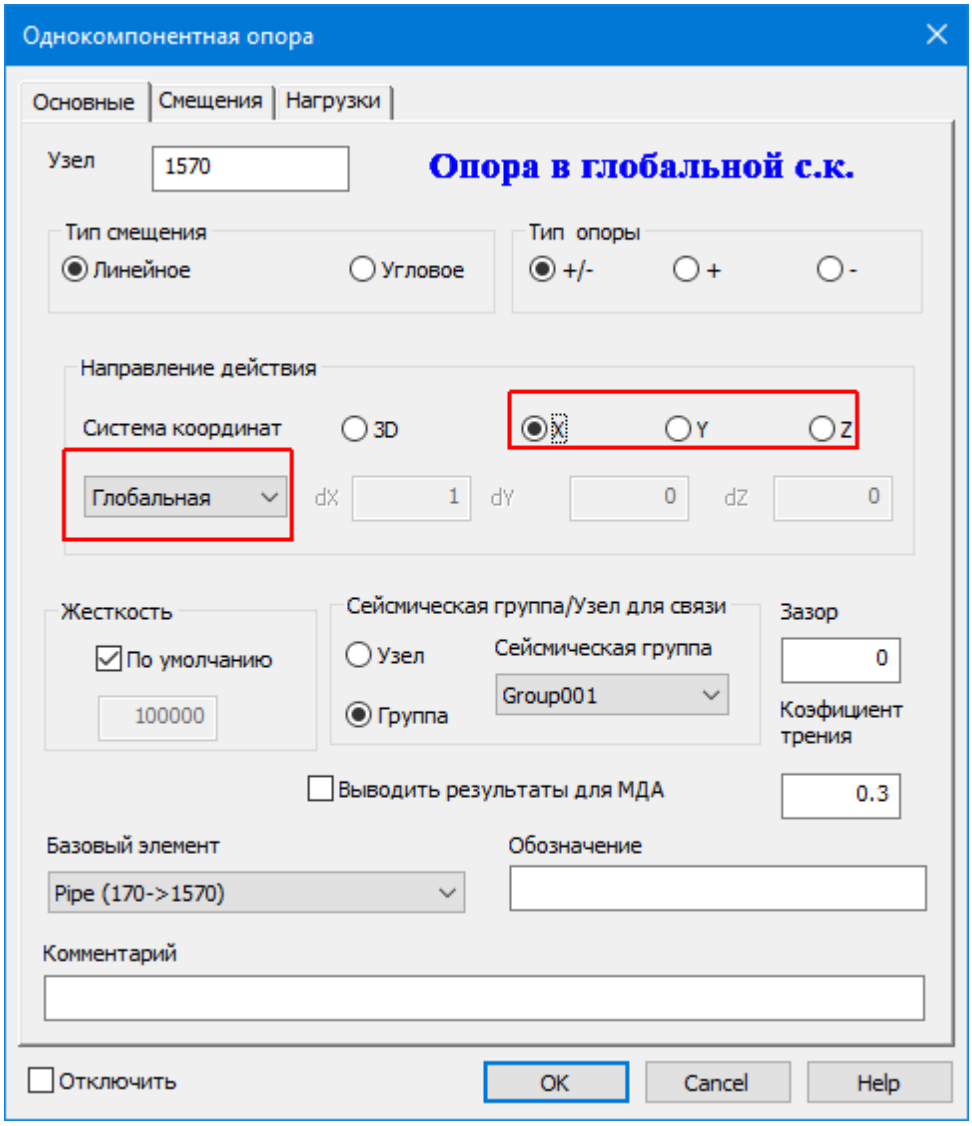
Направление локальных координат опоры для невертикального участка трубопровода

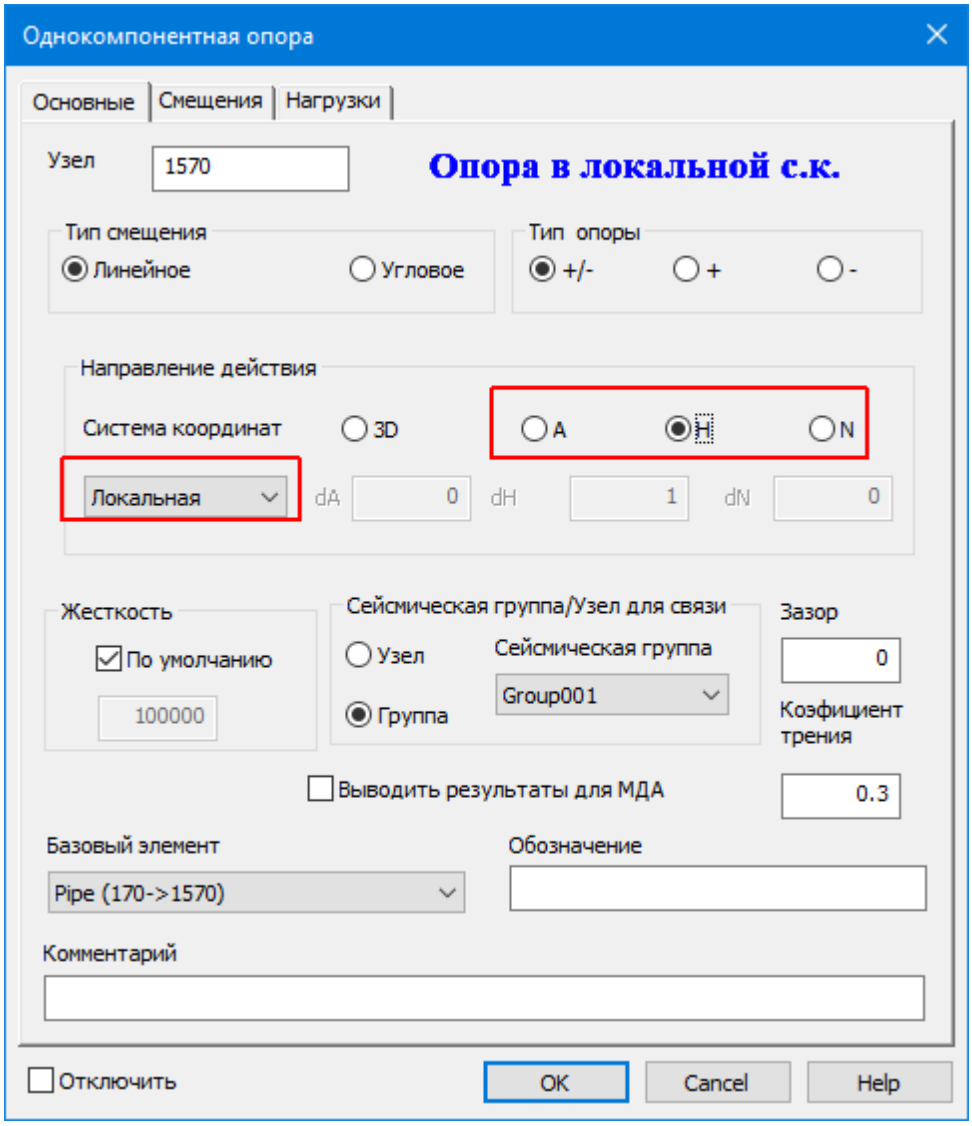


Направление локальных координат опоры для вертикального участка трубопровода

Характеристики ***однокомпонентных*** ***опор*** (restraints) могут быть определены как в глобальной (XYZ), так и в локальной (AHN) 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.

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм


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
dX
1
dY
0
dZ
0
Жесткость
По умолчанию
100000
Сейсмическая группа/Узел для связи
Узел
Группа
Сейсмическая группа
Group001
Зазор
0
Коэфициент трения
0.3
Выводить результаты для МДА
Базовый элемент
Pipe (170->1570)
Обозначение
Комментарий
Отключить
OK
Cancel
Help

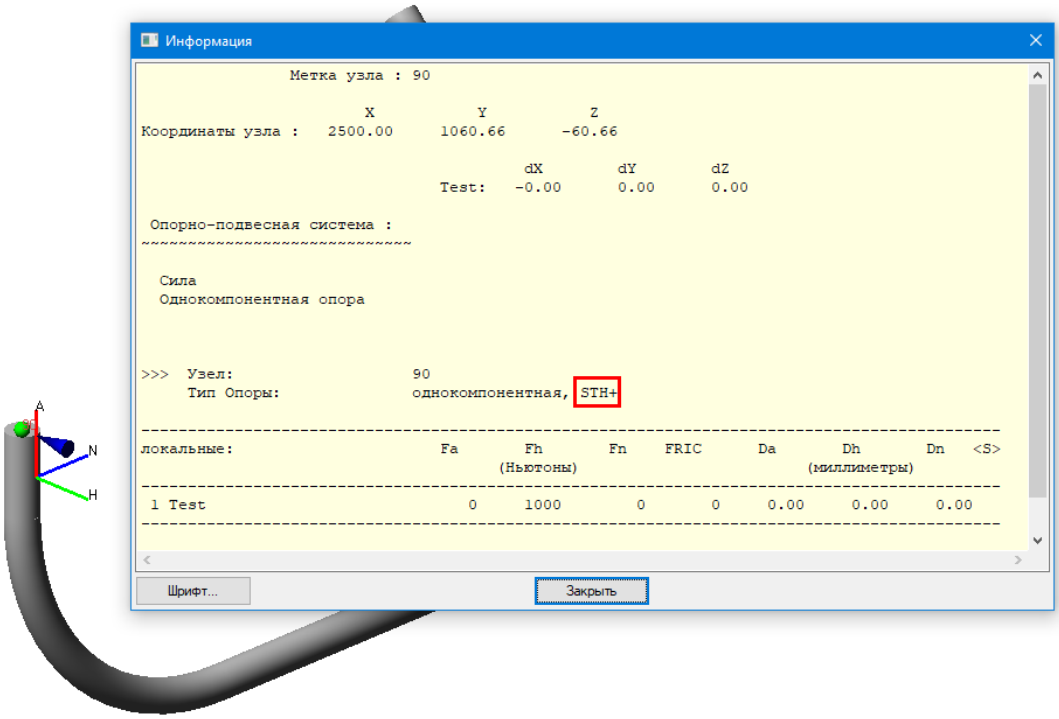


Во всех остальных случаях предполагается, что опора задана в произвольном направлении (команда STS).

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 “A” 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

Наименование демпфера	Горизонтальные допустимые перемещения, мм	Вертикальные допустимые перемещения, мм	Горизонтальная номинальная нагрузка, кН	Вертикальная номинальная нагрузка, кН
VD-108/57-3	13	13	1.75	1.2
VD-159/76-3	27	25	3.8	2.65
VD-159/76-7	25	25	8.1	4.5
VD-219/108-3	41	24	7.2	5.05
VD-219/108-7	39	24	15.5	8.5
VD-219/159-3	15	24	10	7
VD-325/159-3	67	40	16	11
VD-325/159-7	64	40	34	18.5
VD-325/159-15	58	40	68	27
VD-325/219-3	37	40	21	15
VD-325/219-7	34	40	46	25
VD-426/219-3	87	45	27	19

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

VD-426/219-7	84	45	58	32
VD-426/219-15	78	45	120	47
VD-426/325-3	34	45	36	25
VD-426/325-7	31	45	80	44
VD-630/325-3	134	74	60	42
VD-630/325-7	130	74	130	70
VD-630/325-15	122	74	260	100
VD-630/426-3	84	74	80	56
VD-630/426-7	80	74	175	95
VD-630/426-15	72	74	350	140

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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.

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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 W1 = 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:
$$W_i = |W_i| * W_{pipe} * L$$
где W_{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:
$$W_e = W_1 + W_2 + CSG * W_3$$

5. В зависимости от типа элемента по умолчанию принимаются следующие значения параметров W_1, W_2, W_3:

	REDU	VALV, V1, V2	EJ, EA, ET, EH, EG	RX, RP
W_1	-1	$\neq 0$	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:

	REDU	VALV, V1, V2	EJ, EA, ET, EH, EG	RX, RP
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 несамоуравновешенных 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 защемленных концов (D); монтажная растяжка (CS)	Определение усилий воздействия трубопровода на оборудование	(1)
IIIa	Расчет на действие переменных нагрузок (самоуравновешенных	Внутреннее давление (P); температурное расширение (T);	Оценка усталостной прочности по критерию приспособляемости	$(\sigma)_{RK}$

	и несамоуравновешенны х)	«собственные» сме-щения защемленных концов (D)		
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 $(s)_{RK}$). 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 стока (LC1) определяет расчет системы на жестких опорах в местах установки выбираемых упругих подвесок. При этом определяется "желаемая" величина рабочих нагрузок в подвесках P_h, 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): $W+P+T+D+P_h$. 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 изменяемости 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>.dp5_, который содержит данные для подвесок с указанными типами пружин и величинами рабочих нагрузок (в дальнейшем этот файл можно переименовать в <имя задачи1>.dp5 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 ; csg= 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)"
```

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

```
&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 [σ] 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_T, команда CTRL).

Поскольку в формулы для вычисления напряжений $(\sigma)_2$ входит коэффициент снижения прочности поперечного сварного шва φ_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*χ, где χ задается в ИД с помощью команды CREEP. Коэффициент $\chi_Э$, входящий в формулы для вычисления напряжений от овальности отводов определяется по формуле:

$$\chi_Э = HI_E*\chi,$$

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.

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Напряжения категории $(\sigma_{aF})_K$ 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:

$$LS_{hot} = LC2 + (LC1 - LC2)*(1-\delta)$$

где:

LC2 - нагрузки от веса в рабочем состоянии;
LC1 - нагрузки от веса и температуры в рабочем состоянии
δ - коэффициент релаксации компенсационных напряжений (параметр DELTA в команде CREEP)

3. Нагрузки на опоры в холодном состоянии с учетом саморастяжки вычисляются по следующей формуле:

$$LS_{cld} = LC3 - (LC1 - LC2)*\delta*(E_{LC3}/E_{LC1})$$

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:

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

<table>
<tr><th rowspan="2">Этап</th><th rowspan="2">Содержание</th><th colspan="2">Учитываемые нагружающие факторы для трубопроводов</th><th colspan="2">Назначение этапа для трубопроводов</th></tr>
<tr><th>н. температурн.</th><th>в температурн.</th><th>н. температурн.</th><th>в температурн.</th></tr>
<tr><td>I</td><td>Расчет на действие весовой нагрузки</td><td colspan="2">Внутреннее давление (P); весовая нагрузка (W); усилия промежуточных упругих опор в рабочем состоянии (рабочие нагрузки)</td><td colspan="2">Оценка статической прочности на совместное действие указанных нагружающих факторов</td></tr>
<tr><td rowspan="2">II</td><td rowspan="2">Расчет для рабочего состояния на совместное действие всех нагружающих факторов</td><td colspan="2">Внутреннее давление (P); весовая нагрузка (W); усилия промежуточных опор в рабочем состоянии; температурное расширение (самокомпенсация) (T); "собственные" смещения защемленных концевых сечений (D)</td><td></td><td>Оценка статической прочности на совместное действие всех нагружающих факторов</td></tr>
<tr><td>Монтажная растяжка (CS)</td><td>Саморастяжка или монтажная растяжка (CS)</td><td colspan="2">Определение усилий воздействия трубопровода на оборудование</td></tr>
<tr><td rowspan="2">III</td><td rowspan="2">Расчет на действие температурного расширения (на самокомпенсацию)</td><td colspan="2" rowspan="2">Внутреннее давление (P); температурное расширение (T); "собственные" смещения защемленных концевых сечений (D); усилия сопротивления промежуточных опор</td><td>Оценка усталостной прочности</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Определение температурных перемещений (т.е. перемещений при переходе трубопровода из холодного состояния в рабочее)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV</td><td rowspan="2">Расчет для холодного (нерабочего) состояния на совместное действие всех нагружающих факторов</td><td colspan="2">Весовая нагрузка (W); усилия промежуточных опор (нагрузки опор в холодном состоянии)</td><td></td><td>Оценка прочности</td></tr>
<tr><td>Монтажная растяжка (CS)</td><td>Саморастяжка</td><td colspan="2">Определение усилий воздействия трубопровода на оборудование</td></tr>
</table>

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*χ, где χ 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 [σ_a] 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 δ (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 ГИ"                 ; 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_d) – реакция пружинной опоры, уравновешивающая 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_h) – реакция пружинной опоры в рабочем состоянии. По величине рабочая нагрузка должна быть близка к проектной нагрузке. Различие 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_0) – 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:

$$Z3 = Z1 + Z2$$
$$Z4 = Z2 + Z2$$
$$Z5 = Z1 + Z2 + Z2$$
$$Z6 = Z2 + Z2 + Z2 \ldots \text{ и т.д.}$$

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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

соответствует ограничению максимальной и минимальной величины рабочего хода.

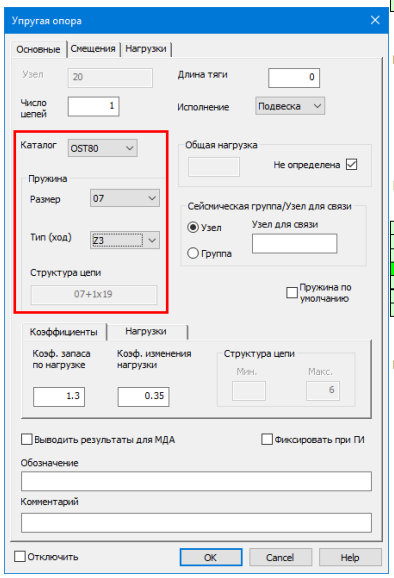
коэффициент запаса по нагрузке (PFAC) – отношение максимально-допустимой нагрузки на пружину P_{MAX} к нагрузке = max(P_h, P_c). При выборе пружин программа обеспечивает отношение этих величин не ниже величины PFAC. При проектировании коэффициент запаса позволяет компенсировать неопределенности, связанные 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
   = '07/Z3' tbl
      'OST80'
```



ОСТ 108.764.01-80 (Пружины винтовые цилиндрические для подвесок трубопроводов ТЭС и АЭС)

	Pmax (кгс)												
λ (мм)	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	05+18+18	06+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'

МВН 049-63 (Пружины цилиндрические винтовые)

	Pmax (кгс)												
λ (мм)	97	197	292	514	815	1155	1562	2050	2420	3420	4620	5720	6400	
70	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	24	25		Z1
140	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	21	22	23	Z2
210	01+11	02+12	03+13	04+14	05+15	06+16	07+17	08+18	09+19	10+20	21+24	22+25		Z3
280	01+01	02+02	03+03	04+04	05+05	06+06	07+07	08+08	09+09	10+10	21+21	22+22	23+23	Z4
350	01+01+11	02+02+12	03+03+13	04+04+14	05+05+15	06+06+16	07+07+17	08+08+18	09+09+19	10+10+20	21+21+24	22+22+25		Z5
420	01+01+01	02+02+02	03+03+03	04+04+04	05+05+05	06+06+06	07+07+07	08+08+08	09+09+09	10+10+10	21+21+21	22+22+22	23+23+23	Z6
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	dPipe

Пружины по МВН 049-63; структура цепи - 07+17 (Pmax= 1562 кгс / λ = 210 мм) Обозначение по dPipe -> id='07/Z3'

Выполнение расчета, ошибки и предупреждения

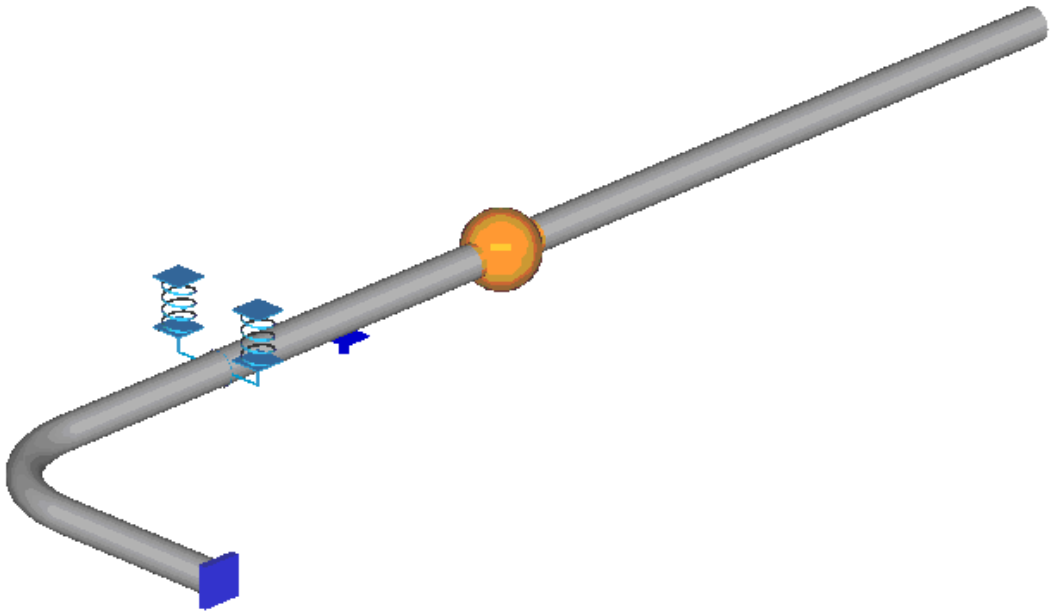
Для выбора характеристик пружин упругих подвесок (опор) в задании на расчет должен быть задан "стартовый" набор вычислений, который описан в Приложении V. Программа осуществляет выбор характеристик пружин в зависимости от заданной таблицы пружин (команда SDEF), коэффициентов запаса по нагрузке и изменяемости (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>.dp5_, который содержит данные для подвесок с вычисленными характеристиками пружин (в дальнейшем этот файл можно переименовать в <имя задачи1>.dp5 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:

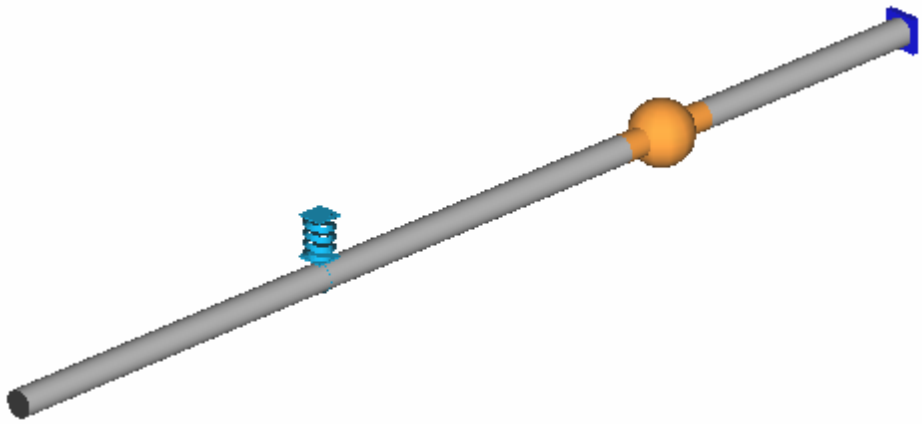
```
SH1.dp5 - 0 error(s)


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
```

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
```

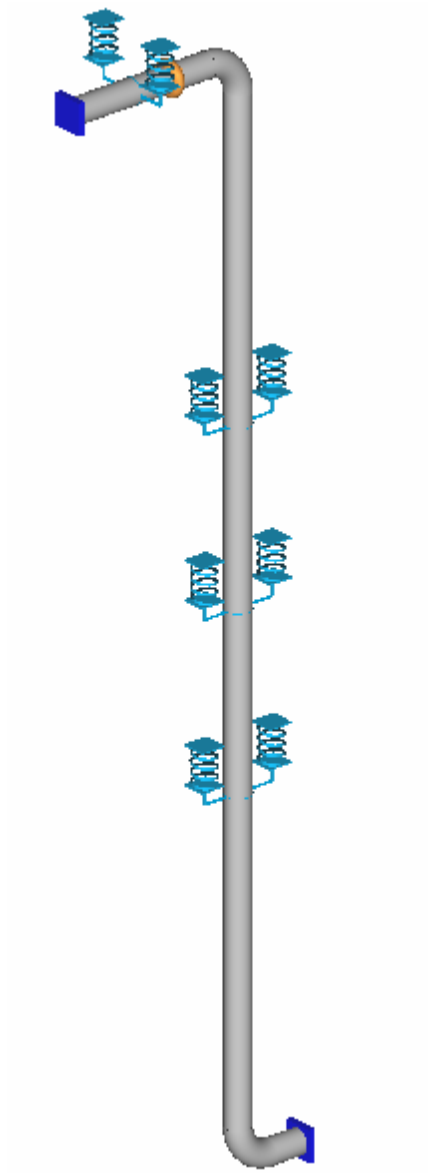
Комментарии:

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:

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм



Сообщения программы:

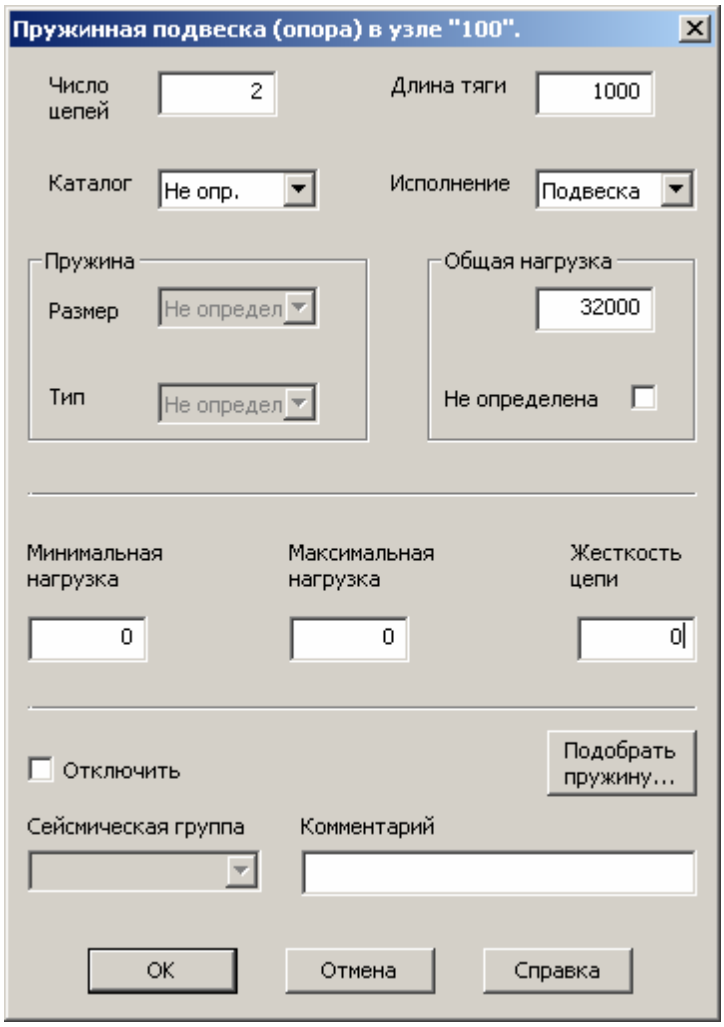
```
Solve > Op 1(R): W                    -> done
Solve > Op 1(A): W+P+T+D              -> done
Solve > Cold(B): W+P+T+D              -> done
Error: spring load out of working range


 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:

$$PMIN < Pref < PMAX/PFAC$$

В случае невыполнения этого неравенства программа пытается выбрать пружину с PFAC = 1. Если и это не удается, 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_h 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:



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 изменяемости (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        H_св. H_раб. H_хол. H_1э     P_раб.  P_хол.  P_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
H_св.        - высота пружины в свободном состоянии, мм
H_раб.       - высота пружины в рабочем состоянии, мм
H_хол.       - высота пружины в холодном состоянии, мм
H_1э         - высота пружины при одноэтапной затяжке, мм
P_раб.       - нагрузка на опору в рабочем состоянии, кН
P_хол.       - нагрузка на опору в холодном состоянии (без среды), кН
P_сейс.      - сейсмическая нагрузка на опору, кН
DX, DY, DZ   - видимые перемещения между холодным и рабочим состоянием, мм
```

Величины H_раб., H_хол., P_раб. и P_хол. печатаются в соответствии с параметрами LOAD_HOT и LOAD_COLD. Аналогично происходит вычисление "видимых перемещений". Величина H_1э пересчитывается по нагрузке R_0, определенной для первого встретившегося в расчете LC с типом 'OPER_A':

$$R_0 = P_h + \lambda_{ii} * k_s,$$

где k_s – жесткость пружины, λ_{ii} - 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)                              D_x   D_r     P_раб.  P_хол.  P_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    -25    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
P_раб.       - нагрузка на пружину в рабочем состоянии, кН
P_хол.       - нагрузка на пружину в холодном состоянии (без среды), кН
D_x, D_r     - деформация пружины для холодного и горячего состояния (на шкале пружины), мм
P_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 >.sup)

```
>>>  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                - изменяемость, %
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 изменяемости определяется для каждого состояния по отношению к величине проектной нагрузки. Для сочетаний нагрузок, включающих сейсмические, величина изменяемости не печатается.

Индивидуальные таблицы для каждой упругой опоры.

В дополнение к таблицам, указанным выше, для каждой упругой опоры в файле *<имя задачи>.sup* 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. состояни   11440    20000     6660  1.72                 1
 2 Нагрузки в хол. состояни   14637    20000     6660  1.37                27  (var !)
-------------------------------------------------------------------------------------
Возможные исполнения пружины: 21

Горизонтальные усилия и перемещения:
-------------------------------------------------------------
                              Fx       Fy          Dx       Dy
                             (Ньютоны)           (миллиметры)
-------------------------------------------------------------
 1 Нагрузки в раб. состояни     620     -409       54.21   -35.72
 2 Нагрузки в хол. состояни       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       Pmin    Pmax    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
Pmax   - максимальная нагрузка, Н
Pmin   - 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 изменяемости, %
FS     - расчетный коэффициент запаса по нагрузке: FS  = MIN ( Pmax/MAX(Ph,Pc); MIN(Ph,Pc)/Pmin)
```

А при возникновении ошибок эта таблица имеет вид:

```
                        СООБЩЕНИЯ ОБ ОШИБКАХ:

Невозможно подобрать пружину с требуемым рабочим ходом (Pref > Pmax)

>>> Таблица   1. Результаты выбора пружин (нагрузка на одну цепь)
-----------------------------------------------------------------------------------------------------
Узел       NC    Пружина    K       Pmin    Pmax    Ph     Pc    R0     TRAVEL  var    FS
-----------------------------------------------------------------------------------------------------
92         2   6/1                 13330   40000  16486                  -2         1.24
98         2                          40  100000  15845                 -53         6.31  (Pc !)
…
336        1   3/1                  1660    5000   2091                  -3         1.26
-----------------------------------------------------------------------------------------------------
```

предупреждения и сообщения об ошибках

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 $load_1, load_2 \ldots load_n$ – величина минимальной нагрузки для каждого из типоразмеров пружин;

$LOAD_MAX $load_1, load_2 \ldots load_n$ – величина максимальной нагрузки для каждого из типоразмеров пружин;

$WRK_RANGE $disp_1, disp_2, \ldots disp_k$ – величины максимально возможных деформаций пружин (рабочий ход);

$LAB_SIZE $'size_1' 'size_2' \ldots 'size_n'$ – метки, соответствующие нагрузкам

$LAB_TYPE $'type_1' 'type_2' \ldots 'tyep_k'$ – метки, соответствующие деформациям пружин

$Z1_HEIGHT $hght_1, hght_2 \ldots hght_n$ – 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 $hght_1, hght_2 \ldots hght_n$ – 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 $'lab_1' 'lab_2' \ldots 'lab_n'$ – метки для идентификации пружин с рабочим ходом 70 мм из отечественных каталогов

$Z2 DESIGN $'lab_1' 'lab_2' \ldots 'lab_n'$ – метки для идентификации пружин с рабочим ходом 140 мм из отечественных каталогов

$SPR_PTTRN XXXXX_1 XXXXX_2 …. XXXXX_n – 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 $'type1_1' 'type1_2' \ldots 'type1_j'$ – метки для возможных исполнений пружин;

$TYP_PTRN $X_1 X_2 \ldots X_j$ - 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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

$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_E	Каталог LISEGA "Стандартные опоры 2010", Группа продуктов 2, пружинные подвески, пружинные опоры, Типы: 22, 26, 28
GRADIOR	Каталог GRADIOR "Каталог для подвесок и опор трубопроводов", пружинные блоки: типы 1-4 (подвески), 7 - опоры
WTZNMAN	Каталог "Подвесы и опоры для трубопроводов", пружинные подвесы, пружинные опоры переменного усилия, серии пружинных подвесок: FHD, FHG, FHS и FDT, серии пружинных опор: FSS, FSP
UNISONS	Каталог "Variable spring hanger" от Unison eTech Co., Ltd.. Тип пружин VSS (ход 30 мм)
UNISON ML	Каталог "Variable spring hanger" от Unison eTech Co., Ltd.. Тип пружин VSM (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"

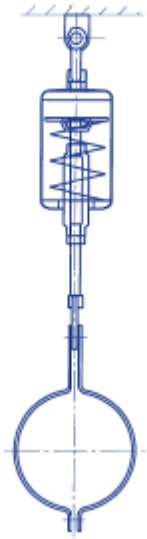
Пружины из каталога LISEGA (группа продуктов 2, [REF 6]) различаются по типам (конструктивному исполнению), несущей способности и по диапазону максимальных рабочих перемещений. Каталог приводит 5 вариантов рабочего хода пружин: 50, 100, 200, 300 и 400 мм. При этом два последних варианта ***"подразумевают применение слишком длинных пружин и должны***

использоваться только после технического анализа всех условий, особенно в чувствительных трубопроводных системах" [REF 6].

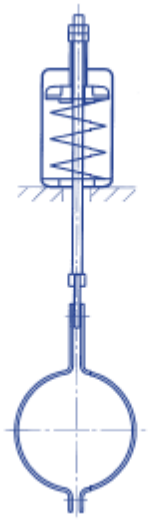
Фирма LISEGA предлагает следующие исполнения пружин:

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

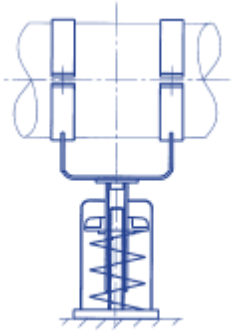


Тип 25

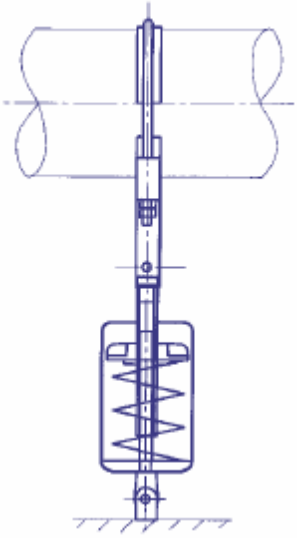
Тип 29 - пружины для упругих опор. Компоновка этого узла позволяет устанавливать пружинную опору под трубопровод.

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:

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм



Тип 29

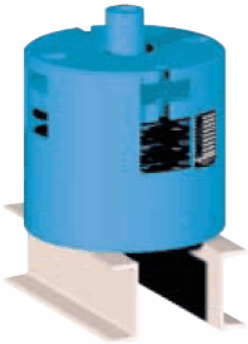


Тип 20

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



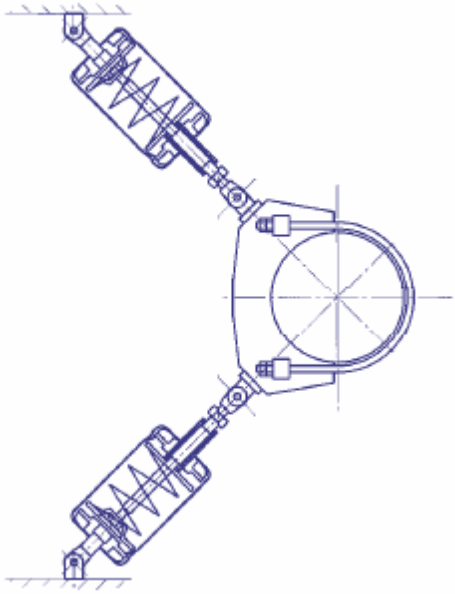
Тип 26

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.

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм



Тип 27

Тип 29

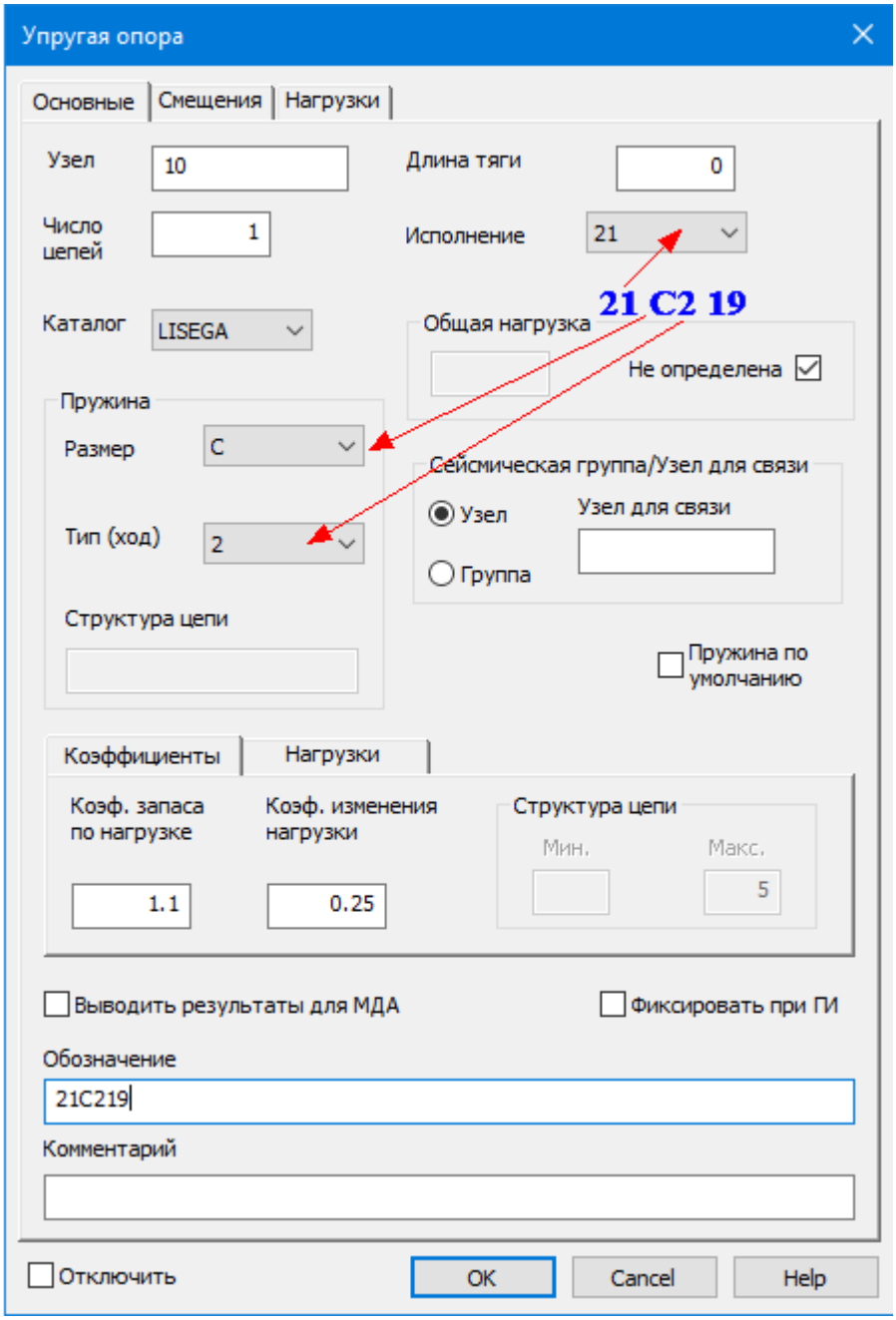
В базе данных пружинных подвесок (файл SH.DBS) введены пружины исполнений 21, 25, 29 и 20 (Таблица " LISEGA"). Пружины с повышенной несущей способностью (исполнения 22, 26, и 28) содержатся в таблице "LISEGA_E".

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:

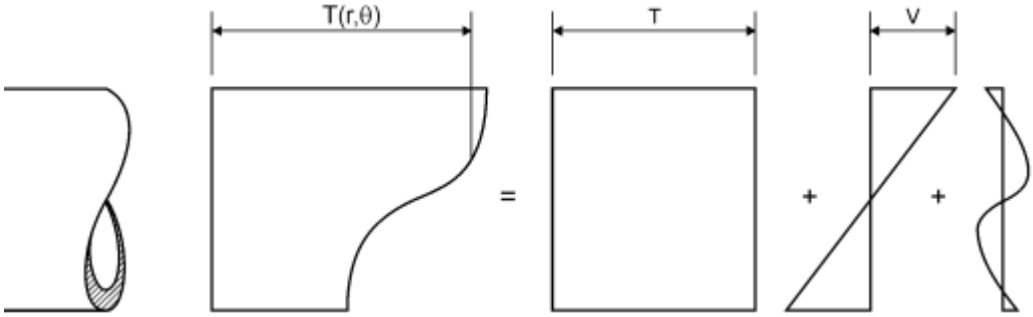
- общие изгибные напряжения, обусловленные разницей температур между верхней и нижней частями сечения: верхняя часть трубопровода при более высоких температурах стремится расширится, а более холодная (нижняя) часть трубопровода препятствует этим расширениям и наоборот;
- местные напряжения в районе границ 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 ΔT_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:

$$T = \frac{2}{\pi\left(r_o^2 - r_i^2\right)} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{r_i}^{r_o} r\,T(r,\theta)\,dr\,d\theta$$

$$V = \frac{6}{\pi\left(r_o^3 - r_i^3\right)} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{r_i}^{r_o} r^2\,T(r,\theta)\sin\theta\,dr\,d\theta$$

$$\Delta T_3 = \max\left|\left(T(r,\theta) - T - Vr\sin\theta / r_o\right)\right|$$

где:

$T(r,\theta)$ – функция распределения температуры по сечению в зависимости от радиуса и угла, °C,

r_o – внешний радиус трубы, мм

r_i – внутренний радиус трубы, мм

θ – угол, откладывающийся от горизонтальной центральной линии сечения

r – координата по радиусу

После определения величин V и ΔT_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^4);

α – коэффициент температурного расширения (мм/мм/°C);

V – линейная составляющая температурного распределения,°C;

D_0 – внешний диаметр трубопровода, мм.

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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 ввиду, 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 $(\sigma_{aF})_K$.

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:

$$\varepsilon_h = \frac{\sigma_h}{E} - \frac{\mu \cdot \sigma_z}{E} = \frac{P \cdot D}{2 \cdot t \cdot E}(1 - 0.5\mu) \text{ и } \varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{E} - \frac{\mu \cdot \sigma_h}{E} = \frac{P \cdot D}{4 \cdot t \cdot E}(1 - 2\mu)$$

где:

ε_h – кольцевая деформация, ε_z – продольная деформация, E – модуль упругости, μ - 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:

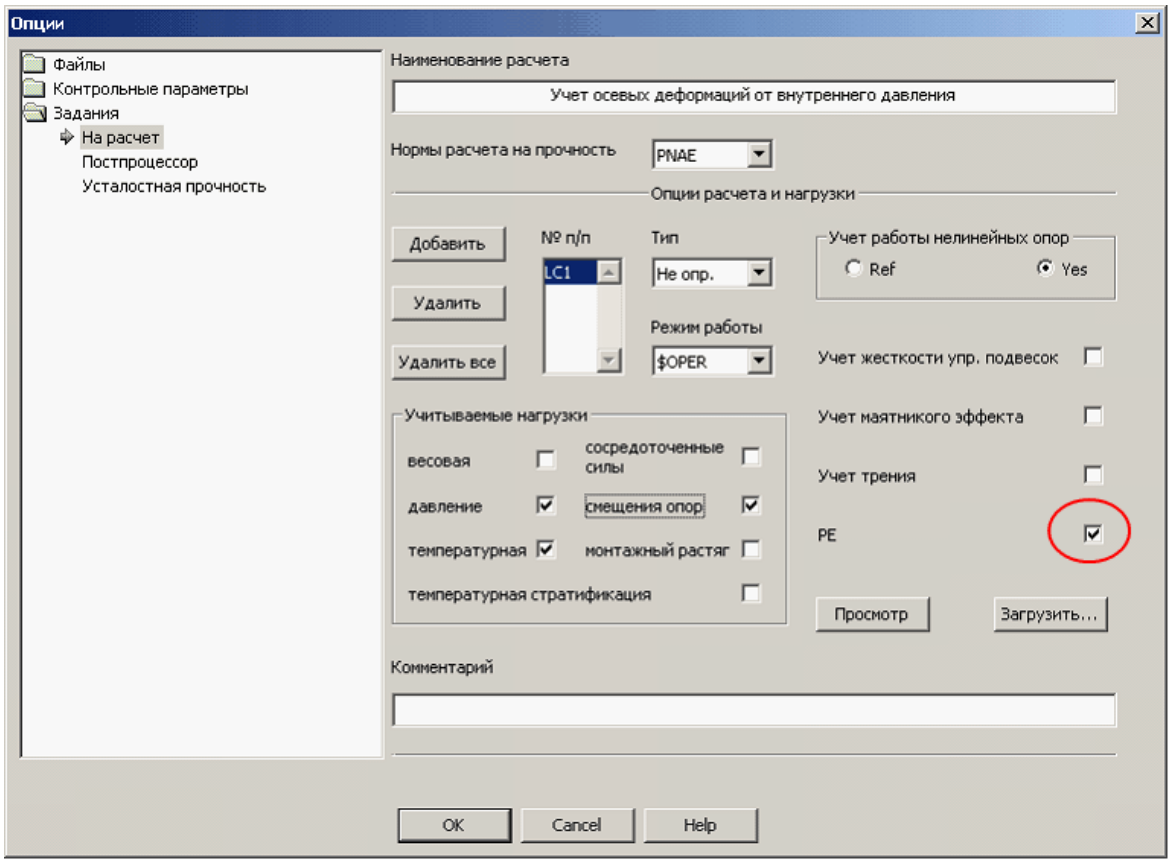
$$\Delta T_{eq.} = \frac{P \cdot D}{4 \cdot t \cdot E \cdot \alpha}(1-2\mu)$$

где α - температурный коэффициент линейного расширения.

Для большинства станционных трубопроводов, работающих при высоких температурах, этот эффект незначителен и ΔT составляет величину порядка 5-10 °C, но для протяженных тонкостенных трубопроводов, работающих при невысоких температурах, величина эквивалентной температуры может достигать 40 - 50 °C. 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.

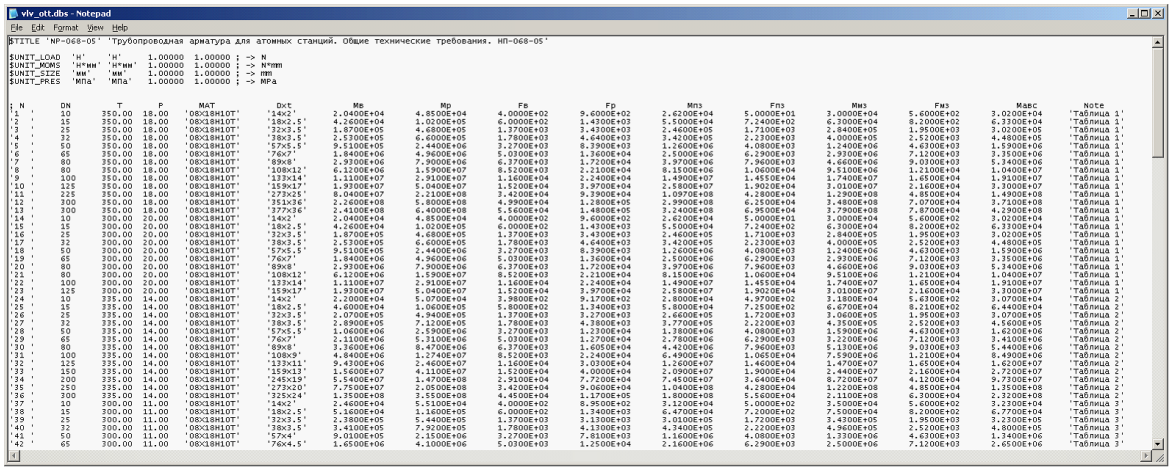
В dPIPE учет осевых деформаций от внутреннего давления реализован введением опции PE (команда SOLV). При необходимости для соответствующего расчетного случая этот флажок должен быть выставлен как PE = 'YES':



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.dbs". Файл имеет текстовый формат и следующую структуру:



```
vlv_ott.dbs - Notepad
File  Edit  Format  View  Help
$TITLE 'NP-068-05' 'Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования. НП-068-05'

$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

; N     DN      T      P    MAT       Dxt        Mв          Mp          Fв          Fp          Mпз         Fпз         Mиз         Fиз         Macc        Note
'1 '    10    350.00 18.00  '08Х18Н10Т'  '14x2'     2.0400E+04  4.8500E+04  4.0000E+02  9.6000E+02  2.6200E+04  5.0000E+01  3.0000E+04  5.6000E+02  3.0200E+04  'Таблица 1'
'2 '    15    350.00 18.00  '08Х18Н10Т'  '18x2.5'   4.2600E+04  1.0200E+05  6.0000E+02  1.4300E+03  5.5000E+04  7.2400E+02  6.3000E+04  8.2000E+02  6.3300E+04  'Таблица 1'
'3 '    25    350.00 18.00  '08Х18Н10Т'  '32x3.5'   1.8700E+05  4.6800E+05  1.3700E+03  3.4300E+03  2.4600E+05  1.7100E+03  2.8400E+05  1.9500E+03  3.0200E+05  'Таблица 1'
'4 '    32    350.00 18.00  '08Х18Н10Т'  '38x3.5'   2.5300E+05  6.6000E+05  1.7800E+03  4.6400E+03  3.4200E+05  2.2300E+03  4.0000E+05  2.5200E+03  4.4800E+05  'Таблица 1'
'5 '    50    350.00 18.00  '08Х18Н10Т'  '57x5.5'   9.5100E+05  2.4400E+06  3.2700E+03  8.3900E+03  1.2600E+06  4.0800E+03  1.2400E+06  4.6300E+03  1.5900E+06  'Таблица 1'
'6 '    65    350.00 18.00  '08Х18Н10Т'  '76x7'    1.8400E+06  4.9600E+06  5.0300E+03  1.3600E+04  2.5000E+06  6.2900E+03  2.9300E+06  7.1200E+03  3.3500E+06  'Таблица 1'
'7 '    80    350.00 18.00  '08Х18Н10Т'  '89x8'    2.9300E+06  7.9000E+06  6.3700E+03  1.7200E+04  3.9700E+06  7.9600E+03  4.6600E+06  9.0300E+03  5.3400E+06  'Таблица 1'
'8 '    80    350.00 18.00  '08Х18Н10Т'  '108x12'  6.1200E+06  1.5900E+07  8.5200E+03  2.2100E+04  8.1500E+06  1.0600E+04  9.5100E+06  1.1200E+04  1.0400E+07  'Таблица 1'
'9 '   100    350.00 18.00  '08Х18Н10Т'  '133x14'  1.1100E+07  2.9100E+07  1.1600E+04  2.2400E+04  1.4900E+07  1.4550E+04  1.7400E+07  1.6500E+04  1.9100E+07  'Таблица 1'
'10 '  125    350.00 18.00  '08Х18Н10Т'  '159x17'  1.9300E+07  5.0400E+07  1.5200E+04  3.9700E+04  2.5800E+07  1.9020E+04  3.0100E+07  2.1600E+04  3.3000E+07  'Таблица 1'
'11 '  225    350.00 18.00  '08Х18Н10Т'  '273x25'  8.0400E+07  2.2100E+08  3.4200E+04  9.3900E+04  1.0970E+08  4.2800E+04  1.2900E+08  4.8500E+04  1.4900E+08  'Таблица 1'
'12 '  300    350.00 18.00  '08Х18Н10Т'  '351x36'  2.2600E+08  5.8000E+08  4.9900E+04  1.2800E+05  2.9900E+08  6.2500E+04  3.4800E+08  7.0700E+04  3.7100E+08  'Таблица 1'
'13 '  300    350.00 18.00  '08Х18Н10Т'  '377x36'  2.4100E+08  6.4000E+08  5.5600E+04  1.4800E+05  3.2400E+08  6.9500E+04  3.7900E+08  7.8700E+04  4.2900E+08  'Таблица 1'
'14 '   10    300.00 20.00  '08Х18Н10Т'  '14x2'    2.0400E+04  4.8500E+04  4.0000E+02  9.6000E+02  2.6200E+04  5.0000E+01  3.0000E+04  5.6000E+02  3.0200E+04  'Таблица 1'
'15 '   15    300.00 20.00  '08Х18Н10Т'  '18x2.5'   4.2600E+04  1.0200E+05  6.0000E+02  1.4300E+03  5.5000E+04  7.2400E+02  6.3000E+04  8.2000E+02  6.3300E+04  'Таблица 1'
'16 '   25    300.00 20.00  '08Х18Н10Т'  '32x3.5'   1.8700E+05  4.6800E+05  1.3700E+03  3.4300E+03  2.4600E+05  1.7100E+03  2.8400E+05  1.9500E+03  3.0200E+05  'Таблица 1'
'17 '   32    300.00 20.00  '08Х18Н10Т'  '38x3.5'   2.5300E+05  6.6000E+05  1.7800E+03  4.6400E+03  3.4200E+05  2.2300E+03  4.0000E+05  2.5200E+03  4.4800E+05  'Таблица 1'
'18 '   50    300.00 20.00  '08Х18Н10Т'  '57x5.5'   9.5100E+05  2.4400E+06  3.2700E+03  8.3900E+03  1.2600E+06  4.0800E+03  1.2400E+06  4.6300E+03  1.5900E+06  'Таблица 1'
'19 '   65    300.00 20.00  '08Х18Н10Т'  '76x7'    1.8400E+06  4.9600E+06  5.0300E+03  1.3600E+04  2.5000E+06  6.2900E+03  2.9300E+06  7.1200E+03  3.3500E+06  'Таблица 1'
'20 '   80    300.00 20.00  '08Х18Н10Т'  '89x8'    2.9300E+06  7.9000E+06  6.3700E+03  1.7200E+04  3.9700E+06  7.9600E+03  4.6600E+06  9.0300E+03  5.3400E+06  'Таблица 1'
'21 '   80    300.00 20.00  '08Х18Н10Т'  '108x12'  6.1200E+06  1.5900E+07  8.5200E+03  2.2100E+04  8.1500E+06  1.0600E+04  9.5100E+06  1.1200E+04  1.0400E+07  'Таблица 1'
'22 '  100    300.00 20.00  '08Х18Н10Т'  '133x14'  1.1100E+07  2.9100E+07  1.1600E+04  2.2400E+04  1.4900E+07  1.4550E+04  1.7400E+07  1.6500E+04  1.9100E+07  'Таблица 1'
'23 '  125    300.00 20.00  '08Х18Н10Т'  '159x17'  1.9300E+07  5.0400E+07  1.5200E+04  3.9700E+04  2.5800E+07  1.9020E+04  3.0100E+07  2.1600E+04  3.3000E+07  'Таблица 1'
'24 '   10    335.00 14.00  '08Х18Н10Т'  '14x2'    2.2000E+04  5.0700E+04  3.9800E+02  9.1700E+02  2.8000E+04  4.9700E+02  3.1800E+04  5.4300E+02  3.0700E+04  'Таблица 2'
'25 '   15    335.00 14.00  '08Х18Н10Т'  '18x2.5'   4.6000E+04  1.0600E+05  5.8000E+02  1.3400E+03  5.8000E+04  7.2500E+02  6.6700E+04  8.2100E+02  6.4400E+04  'Таблица 2'
'26 '   25    335.00 14.00  '08Х18Н10Т'  '32x3.5'   2.0700E+05  4.9400E+05  1.3700E+03  3.2700E+03  2.6600E+05  1.7200E+03  3.0600E+05  1.9500E+03  3.0700E+05  'Таблица 2'
'27 '   32    335.00 14.00  '08Х18Н10Т'  '38x3.5'   2.8900E+05  7.1200E+05  1.7800E+03  4.3800E+03  3.7700E+05  2.2200E+03  4.3500E+05  2.5200E+03  4.5600E+05  'Таблица 2'
'28 '   50    335.00 14.00  '08Х18Н10Т'  '57x5.5'   1.0600E+06  2.5900E+06  3.2700E+03  1.2300E+04  1.3800E+06  4.0800E+03  1.5900E+06  4.6300E+03  1.6200E+06  'Таблица 2'
'29 '   65    335.00 14.00  '08Х18Н10Т'  '76x7'    2.1100E+06  5.3100E+06  5.0300E+03  1.2700E+04  2.7800E+06  6.2900E+03  3.2200E+06  7.1200E+03  3.4100E+06  'Таблица 2'
'30 '   80    335.00 14.00  '08Х18Н10Т'  '89x8'    3.3600E+06  8.4700E+06  6.3700E+03  1.6050E+04  4.4200E+06  7.9600E+03  5.1300E+06  9.0300E+03  5.4400E+06  'Таблица 2'
'31 '  100    335.00 14.00  '08Х18Н10Т'  '108x9'   4.8400E+06  1.2740E+07  8.5200E+03  2.2400E+04  6.4900E+06  1.0650E+04  7.5900E+06  1.1200E+04  8.4900E+06  'Таблица 2'
'32 '  125    335.00 14.00  '08Х18Н10Т'  '133x11'  9.4300E+06  2.4600E+07  1.1600E+04  3.0300E+04  1.2600E+07  1.4600E+04  1.4700E+07  1.6500E+04  1.6200E+07  'Таблица 2'
'33 '  150    335.00 14.00  '08Х18Н10Т'  '159x13'  1.5600E+07  4.1100E+07  1.5200E+04  4.0000E+04  2.0900E+07  1.9000E+04  2.4400E+07  2.1600E+04  2.7200E+07  'Таблица 2'
'34 '  200    335.00 14.00  '08Х18Н10Т'  '245x19'  5.5400E+07  1.4700E+08  2.9100E+04  7.7200E+04  7.4500E+07  3.6400E+04  8.7200E+07  4.1200E+04  9.7300E+07  'Таблица 2'
'35 '  250    335.00 14.00  '08Х18Н10Т'  '273x20'  7.7500E+07  2.0500E+08  3.4200E+04  9.0600E+04  1.0400E+08  4.2800E+04  1.2200E+08  4.8500E+04  1.3500E+08  'Таблица 2'
'36 '  300    335.00 14.00  '08Х18Н10Т'  '325x24'  1.3500E+08  3.5500E+08  4.4500E+04  1.1700E+05  1.8000E+08  5.5600E+04  2.1100E+08  6.3000E+04  2.3200E+08  'Таблица 2'
'37 '   10    300.00 11.00  '08Х18Н10Т'  '14x2'    2.4600E+04  5.5100E+04  4.0000E+02  8.9500E+02  3.1200E+04  5.0000E+02  3.5000E+04  5.6000E+02  3.2300E+04  'Таблица 3'
'38 '   15    300.00 11.00  '08Х18Н10Т'  '18x2.5'   5.1600E+04  1.1600E+05  6.0000E+02  1.3400E+03  6.4700E+04  7.2000E+02  7.5000E+04  8.2000E+02  6.7700E+04  'Таблица 3'
'39 '   25    300.00 11.00  '08Х18Н10Т'  '32x3.5'   2.3800E+05  5.4400E+05  1.3700E+03  3.1300E+03  3.0100E+05  1.7200E+03  3.4300E+05  1.9500E+03  3.2300E+05  'Таблица 3'
'40 '   32    300.00 11.00  '08Х18Н10Т'  '38x3.5'   3.4100E+05  7.9200E+05  1.7800E+03  4.1300E+03  4.3400E+05  2.2200E+03  4.9600E+05  2.5200E+03  4.8000E+05  'Таблица 3'
'41 '   50    300.00 11.00  '08Х18Н10Т'  '57x4'    9.0100E+05  2.1500E+06  3.2700E+03  7.8100E+03  1.1500E+06  4.0800E+03  1.3300E+06  4.6300E+03  1.3400E+06  'Таблица 3'
'42 '   65    300.00 11.00  '08Х18Н10Т'  '76x4.5'   1.6500E+06  4.1000E+06  5.0300E+03  1.2500E+04  2.1600E+06  6.2900E+03  2.5000E+06  7.1200E+03  2.6500E+06  'Таблица 3'
```

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

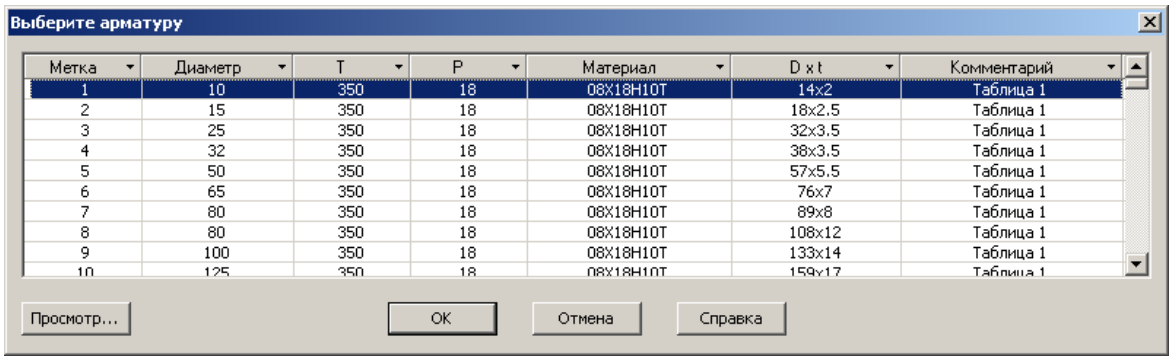
Пустые строки и строки, начинающиеся со знака точка-запятая ";" программой интерпретируются как комментарий.

Сами данные состоят из набора записей (строк), состоящих из 16 значений (колонок):

Обозначение	Номер колонки	Значение	Формат
N	1	идентификатор записи	TEXT
DN	2	условный диаметр	INTEGER
T	3	расчетная температура	REAL
P	4	расчетное давление	REAL
MAT	5	материал	TEXT
Dxt	6	размеры присоединяемых труб	TEXT
Mв	7	момент от массы трубопровода	REAL
Mp	8	размах момента от температурной компенсации трубопровода	REAL

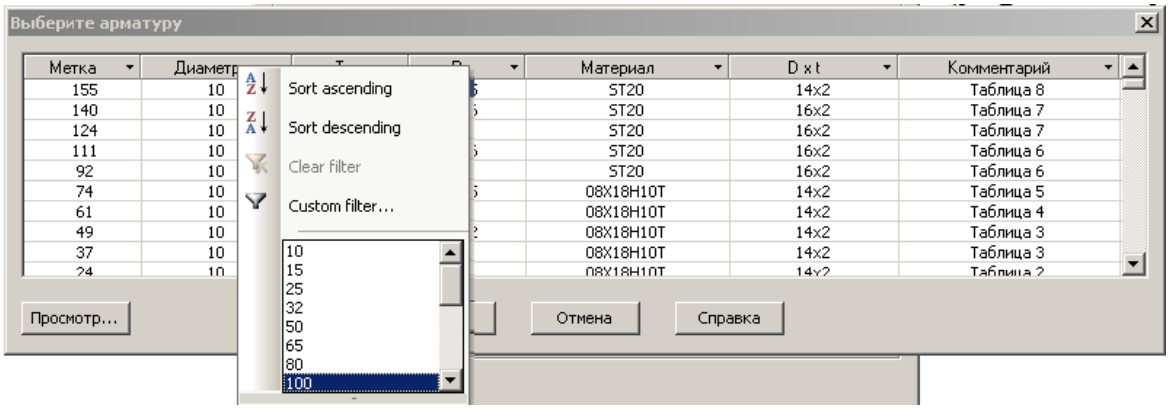
Fв	9	сила от массы трубопровода	REAL
Fр	10	размах силы от температурной компенсации трубопровода	REAL
Мпз	11	момент и сила от совместного воздействия массы трубопровода и ПЗ	REAL
Fпз	12		REAL
Ммз	13	момент и сила от совместного воздействия массы трубопровода и МРЗ	REAL
Fмз	14		REAL
Мавс	15	момент от совместного воздействия массы трубопровода и реактивной силы при разрыве трубопровода	REAL
Note	16	комментарий (ссылка на таблицу из Приложения 8)	TEXT

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:

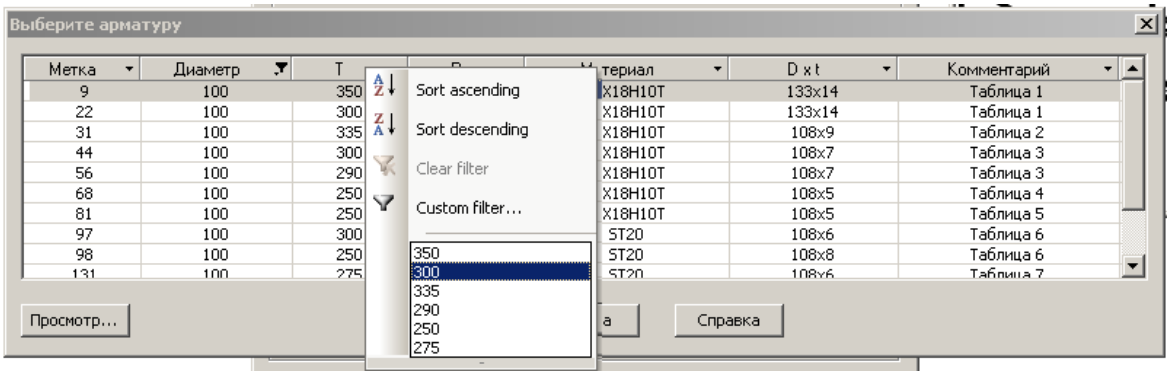


Для выбора нужной записи в этом диалоге можно воспользоваться встроенными фильтрами. Например, для выбора допускаемых нагрузок для клапана запорного сильфонного с электроприводом Dy 100, Pр=20 МПа, Tр=300 °С из нержавеющей стали, нужно выполнить следующие операции:

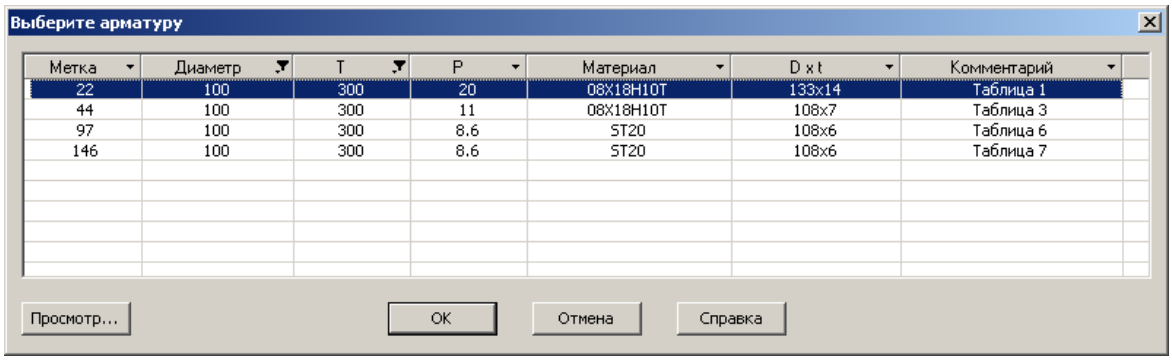
1. Щелкнуть на заголовок "Диаметр" и выбрать двойным щелчком условный диаметр 100:



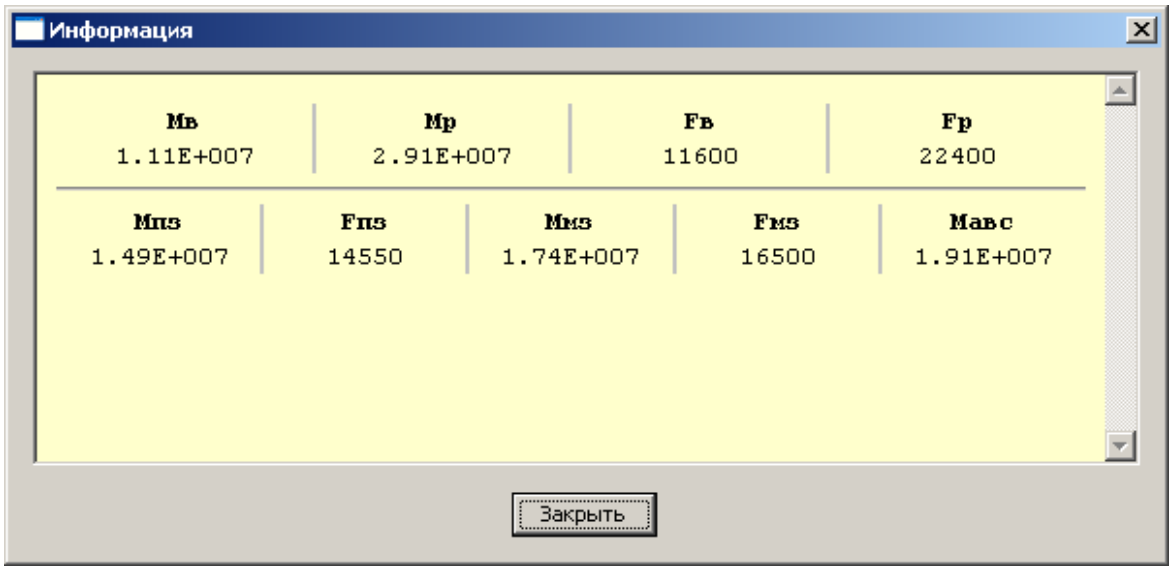
2. Щелкнуть на заголовок "Температура" и выбрать двойным щелчком температуру 300:



3. Из оставшихся в таблице данных выбрать необходимую запись и нажать кнопку OK:



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	Tp	материал	
12JNG40AA001	18560	18570	*0000261	*0000262	22	100	133x14	20.0	300.0	08X18H10T	Таблица 1
11JNG20AA001	1360	1370	*0000263	*0000264	22	100	133x14	20.0	300.0	08X18H10T	Таблица 1
12JNG30AA601	2990	17530	17540		9	100	133x14	18.0	350.0	08X18H10T	Таблица 1

>>> Таблица 10.а Допускаемые нагрузки на патрубки арматуры по NP-068-05

метка	Fв	Mв	Fp	Mp	Fпз	Mпз	Fмрз	Ммрз	Mавс
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>.sup* 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	Fp	Mp	Fпз	Mпз	Fмрз	Ммрз	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
Fp, Mp - размахи силы и момента от температурной компенсации трубопровода
Fпз, Mпз - сила и момент от от совместного воздействия массы трубопровода и ПЗ
Fмрз, Ммрз - 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')

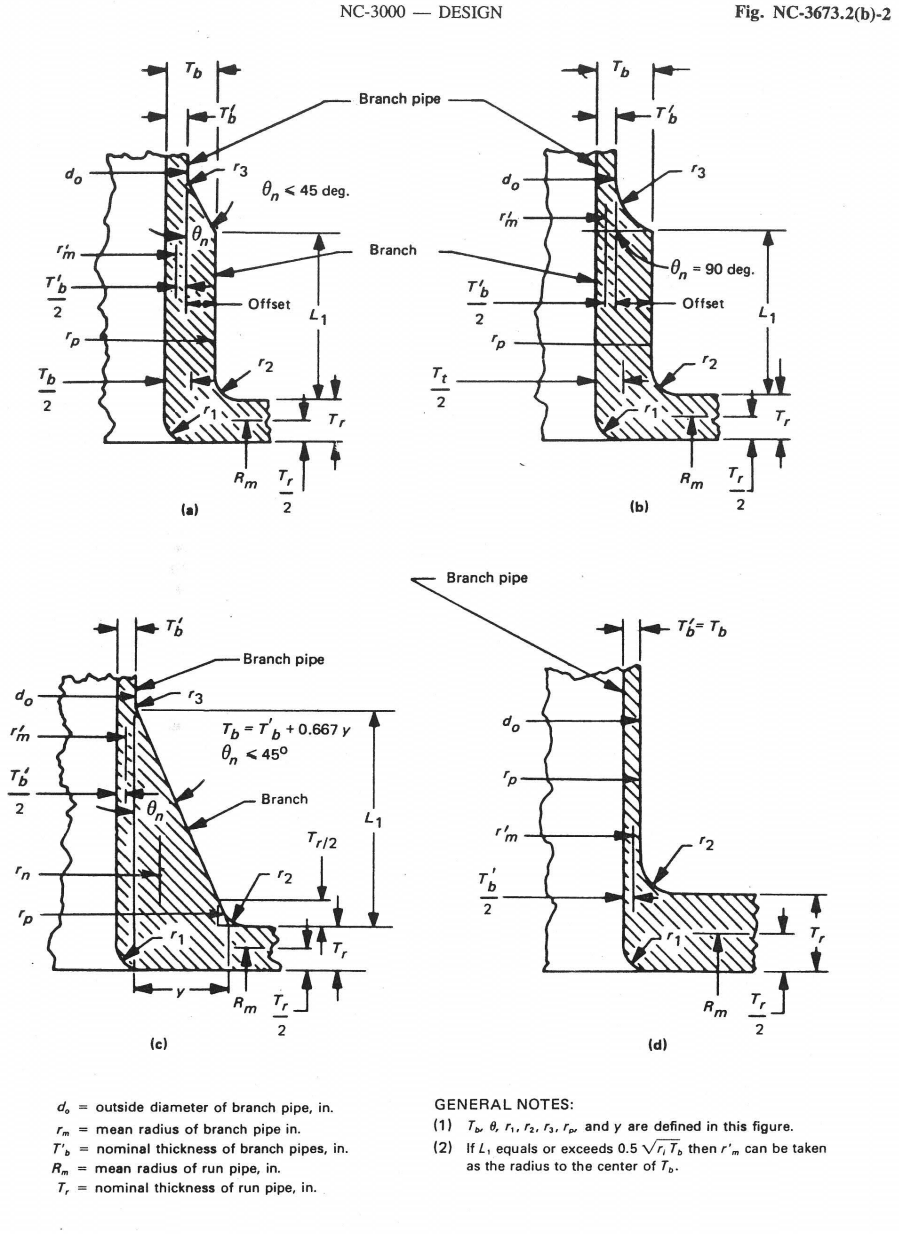
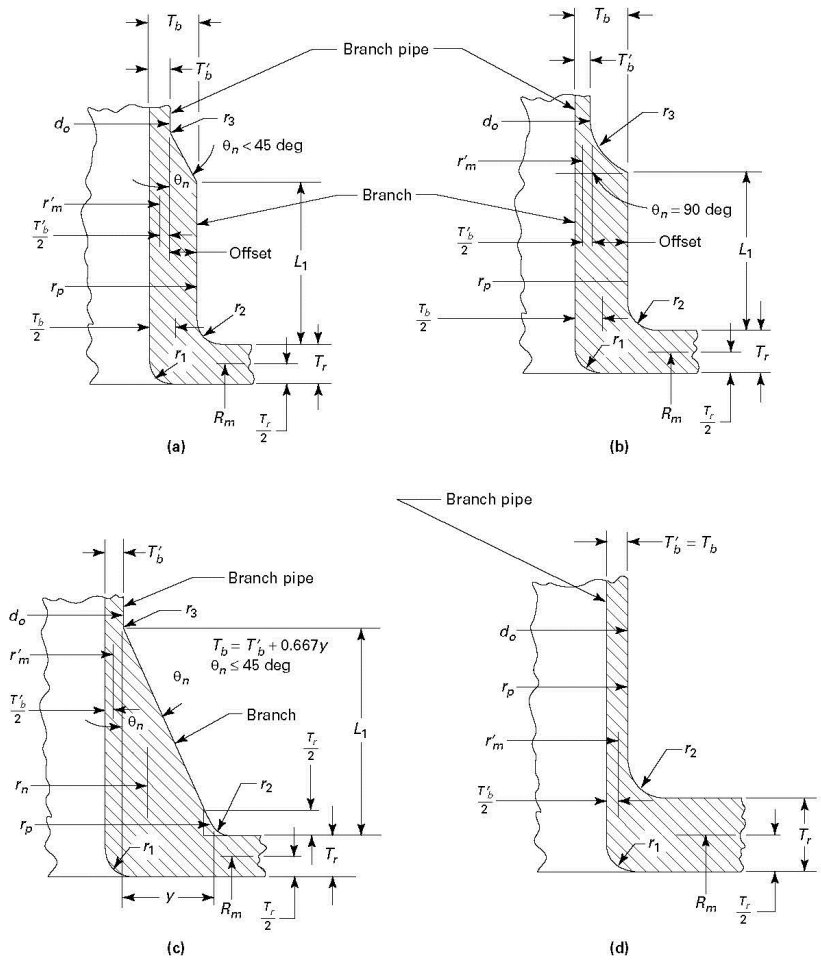


FIG. NC-3673.2(b)-2 BRANCH DIMENSIONS

183

Чертежи штуцерных соединений и номенклатура обозначений в соответствии с NC-3600, 2010 г. (CODE = 'ASME_NC', CODE_YEAR = '2010', команда TRN, TYPE = 'BRC')

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)

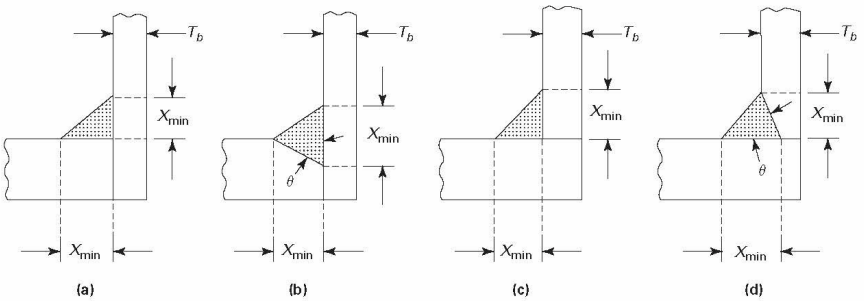
GENERAL NOTES:

(a) T_b, θ, r_1, r_2, r_3, r_p, and y are defined in this figure.

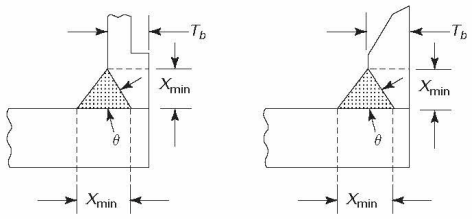
Чертежи сварных штуцерных соединений и номенклатура обозначений в соответствии с NC-3600, 2010 г. (CODE = 'ASME_NC', CODE_YEAR = '2010', команда TRN, TYPE = 'WLD_BRC')

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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} = $1^1/_4\ T_b$
θ = partial penetration weld groove angle ≥ 45 deg



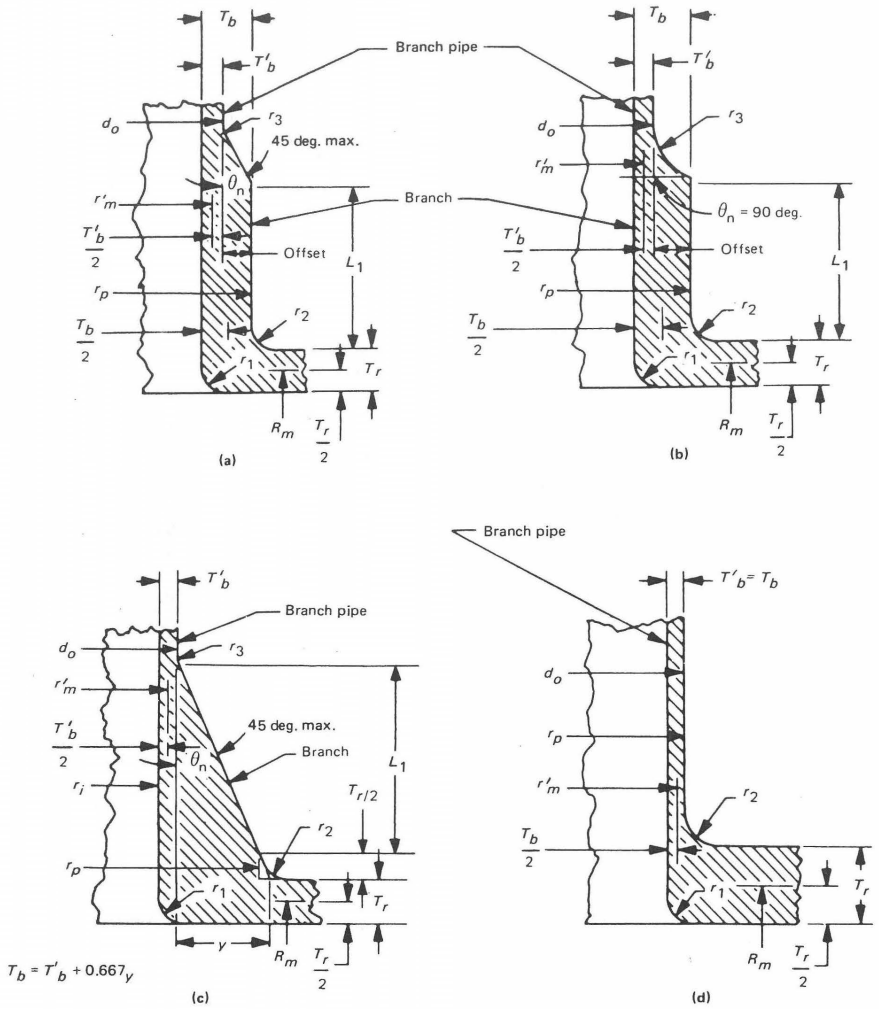
(e) ASME B16.11 Coupling (f) Welded Outlet Fitting

T_b = fitting wall thickness in the reinforcement zone (when the fitting is tapered in the reinforcement zone, use average wall thickness)
X_{min} = $1^1/_4\ T_b$
θ = partial penetration weld groove angle ≥ 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')

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм



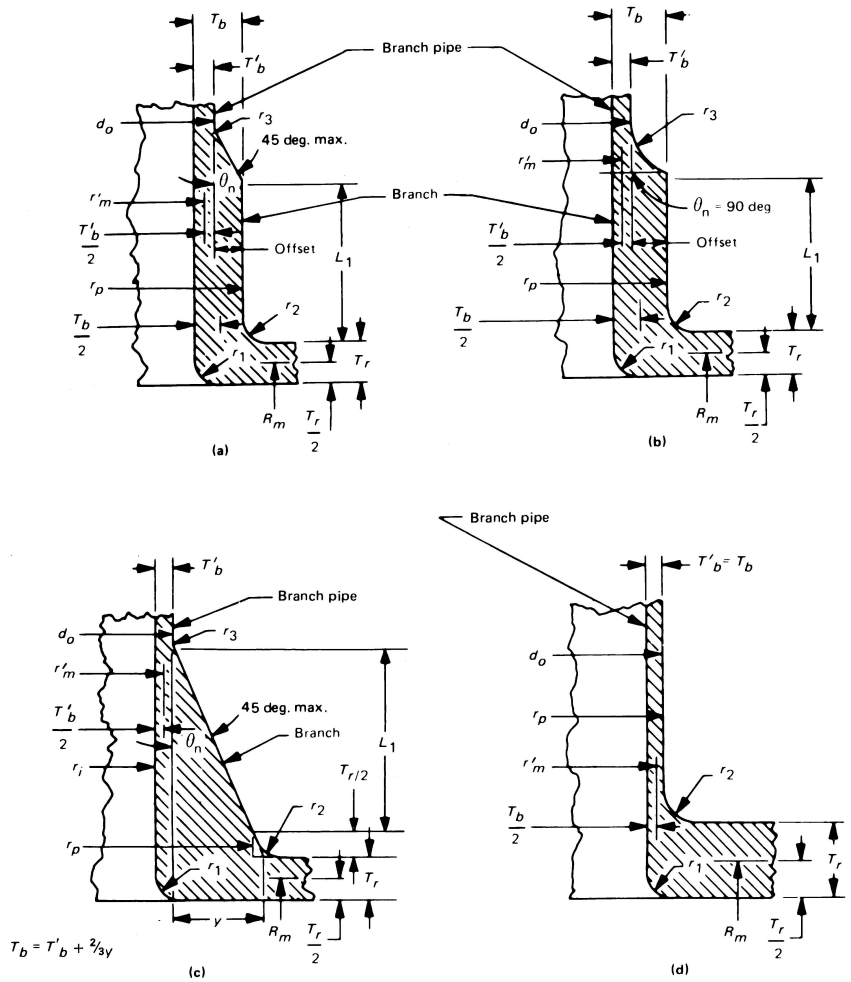
GENERAL NOTE:
If L_1 equals or exceeds $0.5\sqrt{r_i T_b}$, then r'_m can be taken as the radius to the center of T_b.

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')

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

FIG. NB-3643.3(a)-1 BRANCH CONNECTION NOMENCLATURE



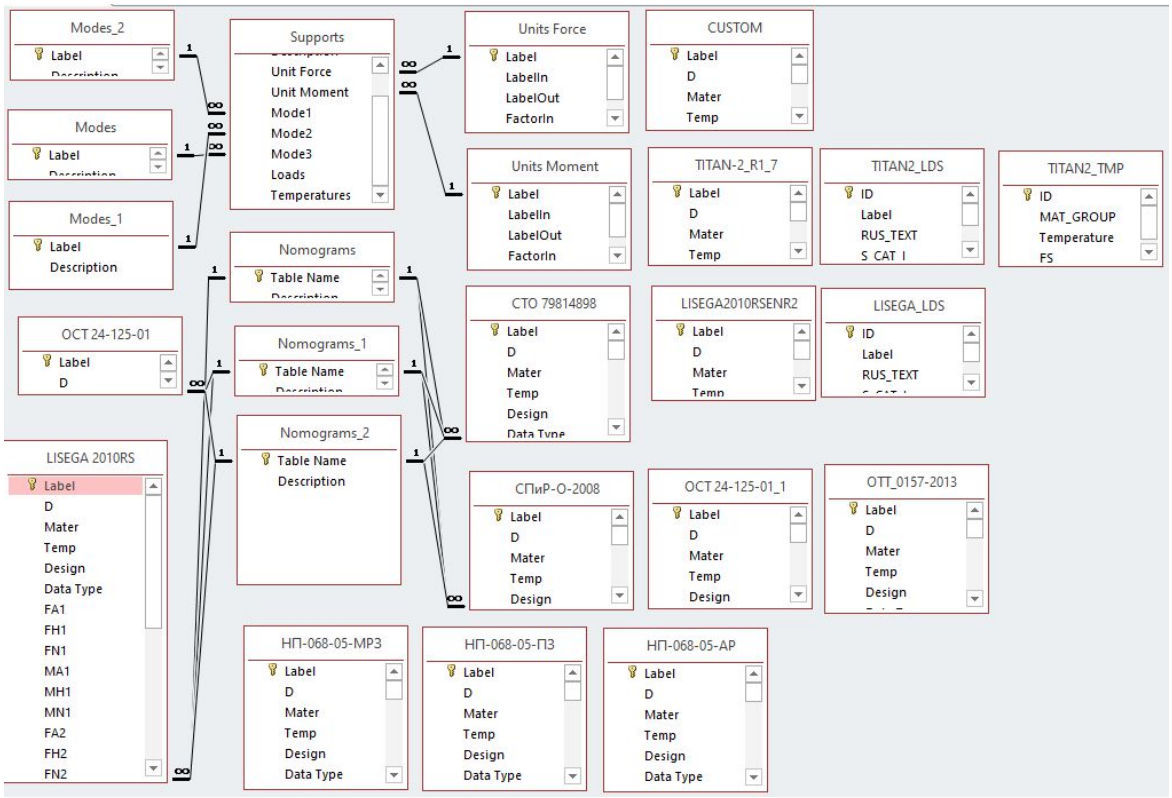
© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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_lds.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	Mode2	Mode3	Loads	Temperatures
CUSTOM	Пользовательская таблица	Newton	Newton *m	NOC	HT	NOC+OBE		
LISEGA 2010RS	LISEGA. Standard Supports 2010 RS. Document No. 900081-4	Kilonewton	Newton *m	НУЭ	НУЭ+МРЗ	НУЭ+ПЗ		
LISEGA2010 RSENR2	Standard Supports 2010 RS EN, Document No.: 902205, Rev. 2	Kilonewton	Newton *m	N/A	N/A	N/A	LISEGA_LDS	

OTT_0157-2013	Опорные конструкции элементов АС с ВВЭР, ОТТ 1.5.2.01.999.0157-2013	Kilonewton	Knewton*m	OTT_1.0	OTT_1.4	OTT_1.5		
TITAN-2_R1_7	Каталог стандартных элементов опорных конструкций для трубопроводов сортамента, соответствующего ISO 4200:1991	Kilonewton	Newton*m	N/A	N/A	N/A	TITAN2_LDS	TITAN2_TMP
НП-068-05-АР	Трубопроводная арматура для атомных станций. ОТТ	Newton	Newton*mm	Вес	Температура	Вес+АР		
НП-068-05-МРЗ	Трубопроводная арматура для атомных станций. ОТТ	Newton	Newton*mm	Вес	Температура	Вес+МРЗ		
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+МРЗ	НУЭ+ПЗ		
СПиР-О-2008	Допускаемые нагрузки для стандартных опорных конструкций (Приложение О-2)	Kilonewton	KNewton*m	НУЭ	НУЭ+МРЗ	НУЭ+ПЗ		
СТО 79814898	Опоры станционных трубопроводов атомных станций на давление до 4,0 МПа	Newton	Newton*mm	НУЭ	НУЭ+МРЗ	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 сейсмической категорией 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+АР	Вес + усилия при разрыве трубопровода
Вес+МРЗ	Совместное воздействие массы трубопровода и МРЗ
Вес+ПЗ	Совместное воздействие массы трубопровода и ПЗ
ГИ	Режим гидроиспытаний
НУЭ	НУЭ, режим нормальной эксплуатации
НУЭ+МРЗ	НУЭ + МРЗ (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
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 DBS_REF)
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
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 6, см. Примечание (1)
FA1	Number	-	Набор допускаемых нагрузок для первого расчетного режима, указанного в параметрах MODE и LOAD

FH1	Number		
FN1	Number		
MA1	Number		
MH1	Number		
MN1	Number		
FA2	Number	-	Набор допускаемых нагрузок для второго расчетного режима, указанного в параметрах MODE и LOAD команды SUP_LOADS, см. Примечание (2)
FH2	Number		
FN2	Number		
MA2	Number		
MH2	Number		
MN2	Number		
FA3	Number	-	Набор допускаемых нагрузок для первого третьего режима, указанного в параметрах MODE и LOAD команды SUP_LOADS, см. Примечание (2)
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;

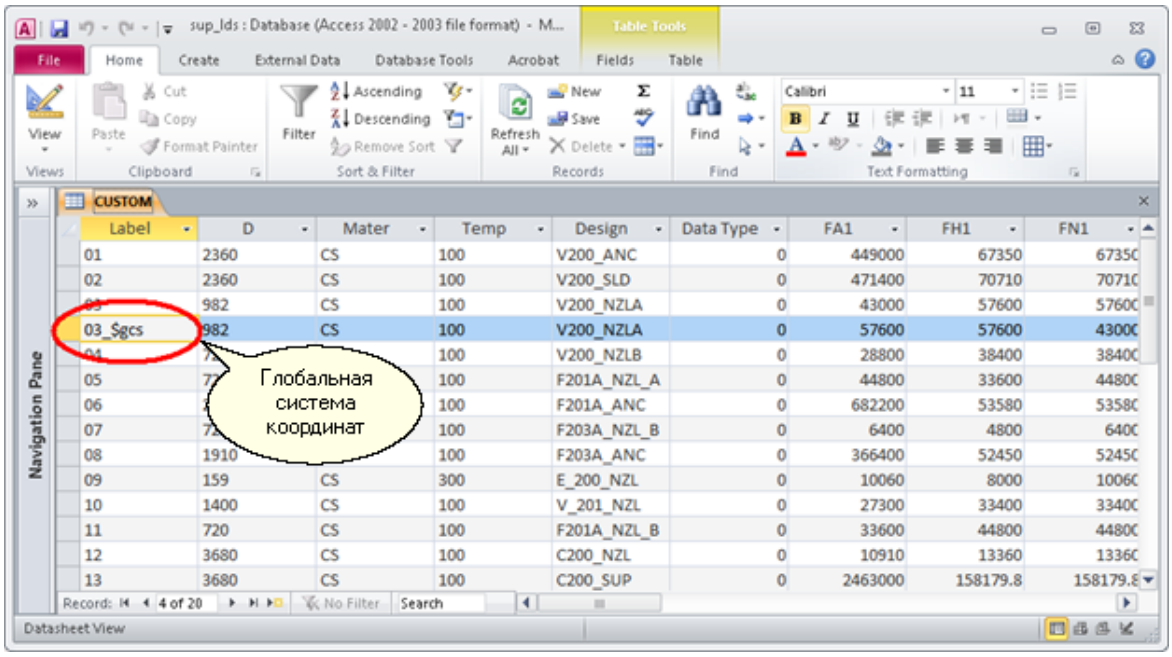
1 - вертикальная компонента при реакции со знаком "+" составляет 50% от допускаемой величины;
2 - допускаемая боковая нагрузка является функцией от вертикальной компоненты: FH = f(FV). Зависимости задаются в виде номограмм. Номер номограммы заносится в поля для усилий с отрицательным знаком. Сами номограммы описываются в таблице «Nomograms»;
3 - вертикальная компонента при реакции со знаком "+" определяется значением в колонке MN;
4 - несущая способность опоры определяется по интеракционной формуле: |fa/FA| + |fh/FH| + |fn/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*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
OTT 0157-2013								X			
TITAN-2_R1_7	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									

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

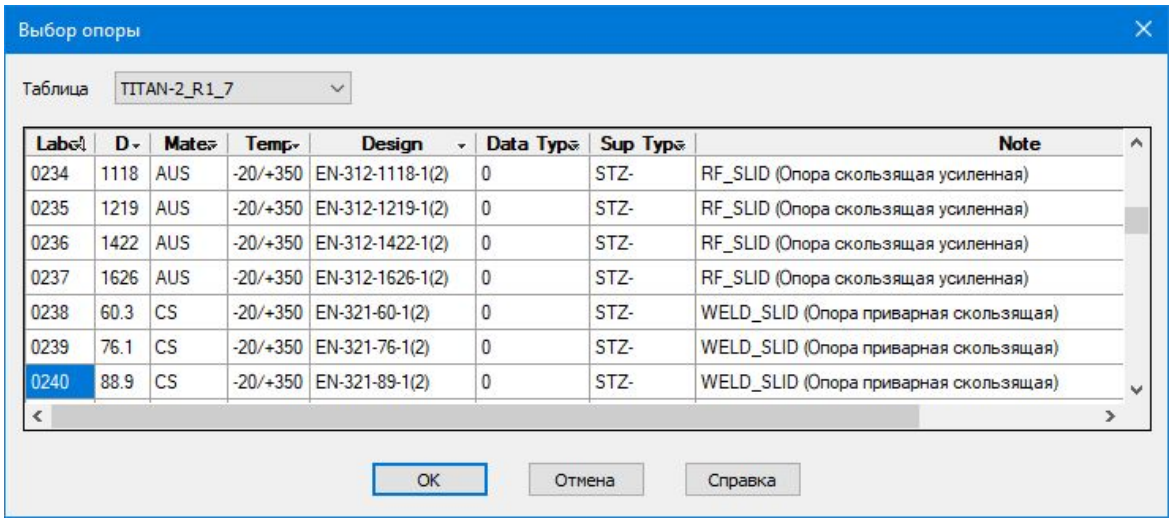
CUSTOM	Определяется Пользователем

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	6735
02	2360	CS	100	V200_SLD	0	471400	70710	7071
03	982	CS	100	V200_NZLA	0	43000	57600	5760
03_$gcs	982	CS	100	V200_NZLA	0	57600	57600	4300
04	7		100	V200_NZLB	0	28800	38400	3840
05	7		100	F201A_NZL_A	0	44800	33600	4480
06			100	F201A_ANC	0	682200	53580	5358
07	72		100	F203A_NZL_B	0	6400	4800	640
08	1910		100	F203A_ANC	0	366400	52450	5245
09	159	CS	300	E_200_NZL	0	10060	8000	1006
10	1400	CS	100	V_201_NZL	0	27300	33400	3340
11	720	CS	100	F201A_NZL_B	0	33600	44800	4480
12	3680	CS	100	C200_NZL	0	10910	13360	1336
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:



Label	D	Mater	Temp	Design	Data Type	Sup Type	Note
0234	1118	AUS	-20/+350	EN-312-1118-1(2)	0	STZ-	RF_SLID (Опора скользящая усиленная)
0235	1219	AUS	-20/+350	EN-312-1219-1(2)	0	STZ-	RF_SLID (Опора скользящая усиленная)
0236	1422	AUS	-20/+350	EN-312-1422-1(2)	0	STZ-	RF_SLID (Опора скользящая усиленная)
0237	1626	AUS	-20/+350	EN-312-1626-1(2)	0	STZ-	RF_SLID (Опора скользящая усиленная)
0238	60.3	CS	-20/+350	EN-321-60-1(2)	0	STZ-	WELD_SLID (Опора приварная скользящая)
0239	76.1	CS	-20/+350	EN-321-76-1(2)	0	STZ-	WELD_SLID (Опора приварная скользящая)
0240	88.9	CS	-20/+350	EN-321-89-1(2)	0	STZ-	WELD_SLID (Опора приварная скользящая)

поля которого соответствуют вышеописанным значениям. Используя встроенные фильтры, можно быстро найти необходимую ссылку.

- 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	NOC	НУЭ	1	1	1
2	AOO	ННУЭ	1.2	1.2	1.2
4	NOC+OBE	НУЭ+ПЗ	1.2	1.5	0
5	AOO+OBE	ННУЭ+ПЗ	1.2	1.5	0
6	DBA	УПА	1.4	1.4	1.4
7	NOC+SSE	НУЭ+МРЗ	1.4	0	0
8	AOO+SSE	ННУЭ+МРЗ	1.4	0	0
9	DBA+OBE	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):

$$\sigma_{эф} = 0.5\sigma_{пр} + \max(\Omega; 1.0)\frac{k_п\sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}}{W}$$

Определение напряжений на этапе II полного расчета (п. 5.2.6.3.4):

$$\sigma_{эф} = \sigma_{пр} + \max(0.6\gamma_m; 1.0)\frac{k_п\sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}}{W}$$

Определение напряжений на этапе III полного расчета (п.5.2.6.4.4):

$$\sigma_{эф} = 2\sigma_{пр} + \max(\gamma_m; 3.0)\frac{k_п\sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}}{W}$$

Определение напряжений на этапе IV полного расчета (п. 5.2.6.5.4):

$$\sigma_{эф} = \max(0.6\gamma_m; 1.0)\frac{k_п\sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}}{W}$$

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 Ω и γ_m определяются в зависимости от расчетного сечения и типа тройникового узла по формулам:

Тип тройникового узла (см. подкоманду TEE)	Штуцер (сеч. 3-3)	Корпус (сеч. 1-1 и 2-2)
Штуцерные соединения (***BRC***), тройники сварные (***UFT***), тройники сварные с накладкой (***RFT***).	$\Omega = 0.8\left(\frac{R}{T}\right)^{0.67}\left(\min(\frac{r}{R}; 0.\right.$	$\Omega = 0.9\left(\frac{r}{t}\right)^{0.3}$

	$\gamma_m = A\left(\frac{R}{T}\right)^{0.67}\left(\frac{r}{R}\right)^{0.5}$ $A = \begin{cases} 3.0 \text{ при } (r/R) \le 0 \\ 1.8 \text{ при } (r/R) = 1 \end{cases}$	$\gamma_m = A\left(\frac{R}{T}\right)^{0.67}\left(\frac{r}{R}\right.$
Тройники с вытянутой горловиной (***EXT***), тройники штампованные (***WLT***) где r_c > 0.1r	$\Omega = 0.8\left(\frac{R}{T}\right)^{0.67}\left(\min\left(\frac{r}{R};0.\right.\right.$	$\Omega = 0.9\left(\frac{r}{t}\right)^{0.3}$
	$\gamma_m = A\left(\frac{R}{\left(1+\frac{r_c}{R}\right)T}\right)$ $A = \begin{cases} 2.0 \text{ при } (r/R) \le 0 \\ 1.8 \text{ при } (r/R) = 1 \end{cases}$	$\gamma_m = 1.6\left(\frac{R}{\left(1+\frac{r}{R}\right.}\right.$

Примечания:

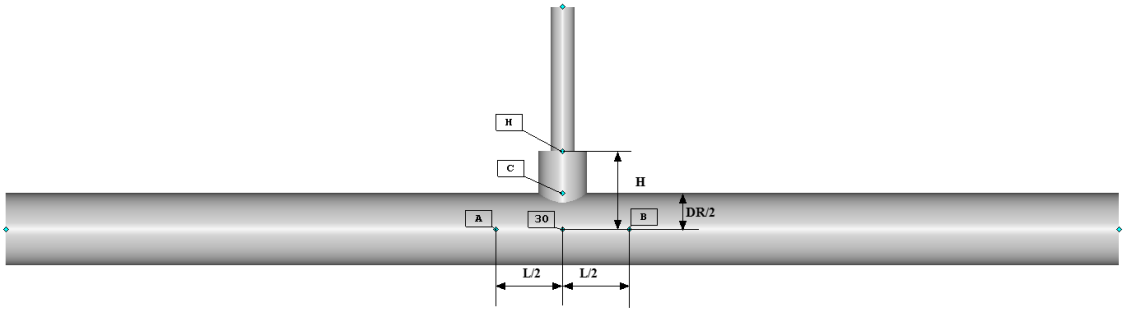
1) Условные обозначения:
   - *R* - средний радиус корпуса тройника;
   - *T* - толщина стенки корпуса тройника;
   - r - средний радиус штуцера (присоединенной трубы для штампованных тройников и тройников с вытянутой горловиной);
   - t - толщина стенки штуцера (присоединенной трубы для штампованных 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.
3) $\tau = \begin{cases} 0.4 \text{ при } (t/T) < 1 \\ 1.0 \text{ при } (t/T) \ge 1 \end{cases}$
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 ($t_r \le 1.5T$).

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:



a. Создается невесомый «жесткий» элемент «30 – C» длиной в полдиаметра корпуса;

b. Локальная податливость тройникового соединения (если она задана) учитывается в точке пересечения трубы штуцера и наружной поверхности трубы корпуса (точка C);

c. Если определена длина корпуса L, то создаются два элемента «30- A» и «30- B» 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_rp), где $IWGT_{RP}$ и OD_rp – погонный вес изоляции и внешний диаметр примыкающей к корпусу трубы. Материал сечения принимается по материалу для тройника: mat = MAT

d. Если определена высота штуцера H, то создается элемент «C- H»: OD = DB, t = TB, mat = MAT. Если вес тройника W не задан, то наследуется погонный вес примыкающей к штуцеру трубы (W_{BP}). Если определена длина корпуса L, то элемент “C-H” – 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='CKTI'). 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. тут

24 Приложение XV

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)

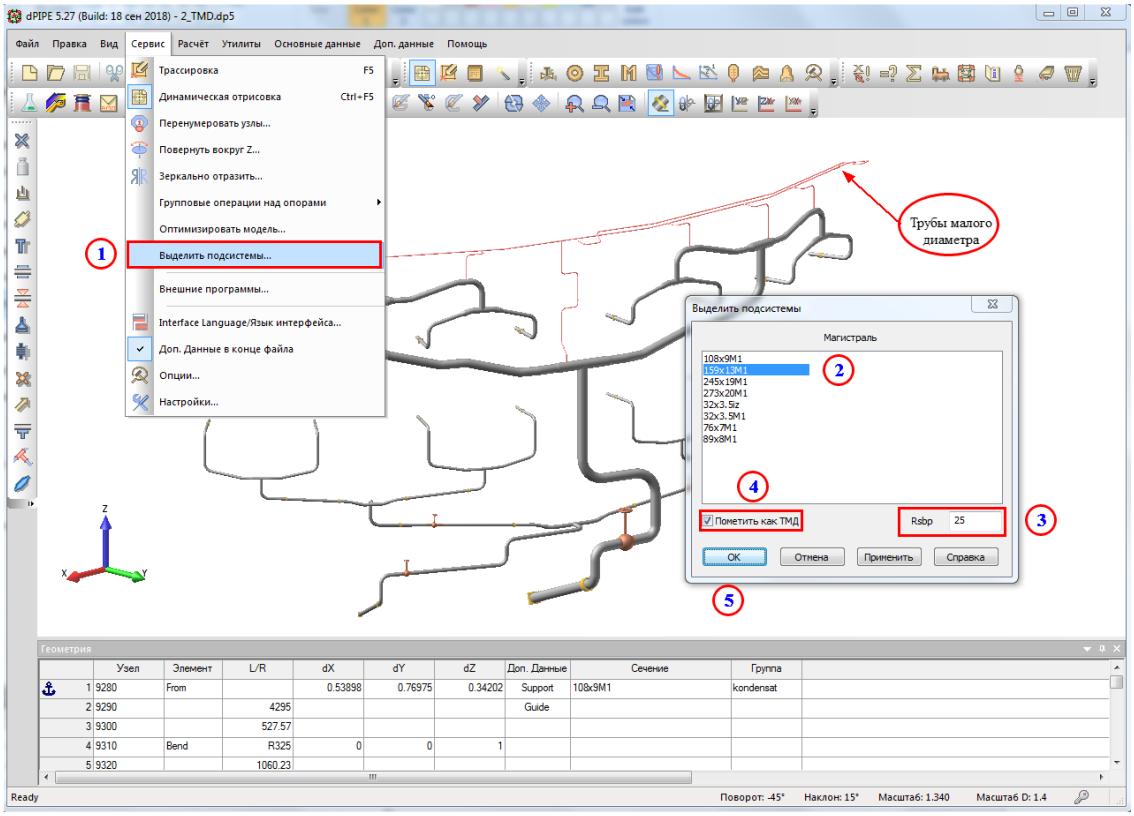
Настоящая методика предназначена для снижения консерватизма расчета на сейсмостойкость единой трубопроводной системы, состоящей из труб большого и малого диаметра. При расчёте такой системы сейсмическое воздействие передается на трубы малого диаметра как через собственную опорно-подвесную систему, так 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 сейсмики – 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 $(\sigma_{aF})_K$ 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 $(\sigma)_1$ от действия осевой силы.

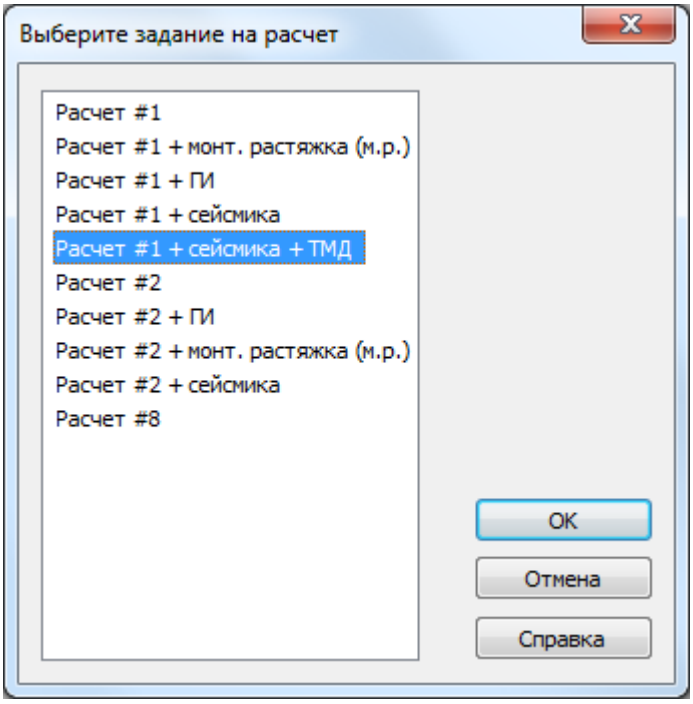
4. Создается комбинация внутренних усилий:

$$F_{SBP}^{(3)} = F_{SBP}^{(1)} - F_{SBP}^{(2)} = F_{SBP}^{INRT}$$

По результатам этого расчета оцениваются только ТМД(трубы малого диаметра) по группе напряжений $(\sigma)_{2S}$

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

POST
& res = 'S2_NUE', ls = "LC5", note = "Напряжения S2 (НУЭ)" ; LS1
& res = 'S2_MRZ', ls = "LC5+LC7", out = 'No', note = "Напряжения S2 (МРЗ)
для ТБД" ; LS2
& res = 'FORC', ls = "LC7-LC8", 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 (МРЗ)
для ТМД" ; LS5
& res = 'S2_MRZ', ls = "LS02,LS05", rule = 'MAX', note = "Напряжения S2
(МРЗ)" ; LS6
& res = 'SAF',  ls = "LC4+LC8", note = "Напряжения Saf (ТМД)" ; LS7
```

```
& res = 'S1',   ls = "LC8", 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 = "LC7", 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 = "LC7", note = "Нагрузки от сейсмики" ; LS16

POST_REP load_hot = 'LC4', load_cold = 'LC6', load_des = 'LC1', il_lbp =
'LS02', il_sbp = 'LS05', sl_sbp = 'LS07' load_seism 'LS15'
```

Эта процедура также доступна для Норм EN и ASME NC

25 Приложение XVI

Приложение XVI. Экспорт результатов расчета из dPIPE в LICAD

1. Экспорт нагрузок на трубопроводные опоры из dPIPE в LICAD® 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			
НЭ	NE	1	1	1
ННЭ	NNE	1.2	1.2	1.2
УПА	UPA	1.4	1.4	1.4
ГИ	HTEST	1	1	1
НЭ+ПЗ	NE_PZ	1.2	1.5	1.5
ННЭ+ПЗ	NNE_PZ	1.2	1.5	-
УПА+ПЗ	UPA_PZ	1.5	-	-
НЭ+МРЗ	NE_MRZ	1.4	-	-
ННЭ+МРЗ	NNE_MRZ	1.4	-	-

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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:

   $$Fx = Fz(+) = Fz(–) = MAX\{ |Fx|; |Fz| \}.$$

   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.

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

"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.

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

26 Приложение XVII

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):

$$[\sigma_{aF}] = \frac{E^T e_c^T}{\left(4 n_N [N_0]\right)^m} + \frac{R_c^T - R_{p0,2}^{T_{min}}}{\left(4 n_N [N_0]\right)^{m_e} - 1}$$

$$[\sigma_{aF}] = \frac{E^T e_c^T}{n_\sigma \left(4[N_0]\right)^m} + \frac{R_c^T - R_{p0,2}^{T_{min}}}{n_\sigma \left(\left(4[N_0]\right)^{m_e} - 1\right)}$$

Из двух вычисленных значений $[\sigma_{aF}]$ или $[N_0]$ принимается наименьшее.

Входящие в формулы параметры определяются согласно пункту 10.8 только для случая:

$R^T_m \leq 700$ МПа; $n_\sigma = 2$; $n_N = 10$; $R^T_c = R^T_m (1+0.014Z^T)$;

$$e_c^T = 1.15 \lg\left(\frac{100}{100 - Z_c^T}\right) - 0.025$$

$$Z_c^T = \min\left\{Z^T; 50\%\right\} \quad (Z^T \text{ по ГОСТ 59115.3})$$

$$m = 0.5 \qquad при\ R_m^T \leq 700\ МПа$$
$$m = 0.36 + 0.0002 R_m^T \qquad при\ 700 < R_m^T \leq 1200\ МПа$$

$$m_e = 0.132 \lg\left[\frac{R_m^T}{R_{-1}^T}\left(1 + 0.014 Z^T\right)\right]$$

$$R_{-1}^T = 0.4 R_m^T \qquad при\ R_m^T \leq 700\ МПа$$
$$R_{-1}^T = \left(0.54 - 0.0002 R_m^T\right) R_m^T \qquad при\ 700 < R_m^T \leq 1200\ МПа$$

Характеристики E^T, Z^T, R^T_m принимаются равными их наименьшим значениям в интервале рабочих температур цикла. Значение $R^{T\,min}_{p0,2}$ определяется при минимальной температуре цикла.

E^T - модуль упругости, МПа;
R^T_m - минимальное значение временного сопротивления, МПа;
$R^T_{p0,2}$ - минимальное значение условного предела текучести, МПа;
Z^T - относительное сужение поперечного сечения образца после разрыва, %.

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

Определение допускаемого числа циклов с учетом влияния водной среды

1) Влияние водной среды на циклическую прочность должно учитываться при температуре водной среды T > 150°C (разрыв между кривой на воздухе и в воде, т.к. $F_{pn} \approx 2$ при T = 150°C).

Ограничения методики:

- по температуре водной среды: T ≤ 350°C;

- по числу допускаемого числа циклов: $[N_0] \le 10^{12}$.

2) Допускаемая амплитуда условного упругого напряжения $[\sigma_{aF}]$ при числе циклов N_0 или допускаемое число циклов $[N_0]$ при амплитуде (σ_{aF}) с учетом влияния водной среды берется равной наименьшему из двух значений, определяемых по формулам с учетом максимального влияния асимметрии цикла (пункты B.4 и B.9):

$$[\sigma_{aF}] = \frac{E^T e_c^{20}}{\left(4 n_N F_{pn} [N_0]\right)^{0,5}} + \frac{R_{cF}^T - R_{p0,2}^{T_{\min}}}{\left(4 n_N [N_0]\right)^{m_{eF}} - 1}$$

$$[\sigma_{aF}] = \frac{E^T e_c^{20}}{n_\sigma \left(4 F_{pn} [N_0]\right)^{0,5}} + \frac{R_{cF}^T - R_{p0,2}^{T_{\min}}}{n_\sigma \left(\left(4 [N_0]\right)^{m_{eF}} - 1\right)}$$

где:

$$n_\sigma = 2\,;\; n_N = 10$$

$$e_c^T = 1.15\lg\left(\frac{100}{100 - Z_c^{20}}\right) - 0.025$$

$$Z_c^{20} = \min\left\{Z^{20}; 50\%\right\}$$

$$R_{cF}^T = R_m^{20}\left(1 + 0.014 Z_F\right)$$

$$m_{eF} = 0.132\lg\left[2.5\left(1 + 0.014 Z_F\right)\right]$$

$$Z_F = 100 - \frac{100}{\exp\left(2e_c^{20} \Big/ \sqrt{F_{pn}}\right)}$$

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 KO и скорости деформации $\dot{\varepsilon}$

- для углеродистых сталей:

$$F_{pn} = \exp\left(0.632 - 0.101 \cdot S^* \cdot T^* \cdot O^* \cdot \dot{\varepsilon}^*\right)$$

- для легированных хромомолибденовых и хромомолибденованадиевых сталей:

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

$$F_{pn} = \exp\left(0.702 - 0.101 \cdot S^* \cdot T^* \cdot O^* \cdot \dot{\varepsilon}^*\right)$$

$S^* = 0.015$ (консервативно принято $S > 0.015\%$)

$T^* = T - 150$ (T - максимальная температура цикла, °C)

$O^* = 0$ *при* $KO \le 0.04$ *мг/кг*

$O^* = \ln\left(\frac{KO}{0.04}\right)$ *при* $0.04 < KO \le 0.5$ *мг/кг*

$O^* = \ln(12.5)$ *при* $KO > 0.5$ *мг/кг*

$\dot{\varepsilon}^* = \ln(0.001)$ (консервативно принято $\dot{\varepsilon} \le 0.001\%c^{-1}$)

- для сталей аустенитного класса

$$F_{pn} = \exp\left(0.734 - T^* \cdot O^* \cdot \dot{\varepsilon}^*\right)$$

$T^* = \min\left\{\frac{T-150}{175}; 1\right\}$ (T - максимальная температура цикла, °C)

$O^* = 0.281$ (при всех значениях KO)

$\dot{\varepsilon}^* = \ln(0.001)$ (консервативно принято $\dot{\varepsilon} \le 0.0004\%c^{-1}$)

- для сталей аустенитного класса:

$$F_{pn} = \exp\left(0.734 - T^* \cdot O^* \cdot \dot{\varepsilon}^*\right)$$

$T^* = \min\left\{\frac{T-150}{175}; 1\right\}$ (T - максимальная температура цикла, °C)

$O^* = 0.281$ (при всех значениях KO)

$\dot{\varepsilon}^* = \ln(0.001)$ (консервативно принято $\dot{\varepsilon} \le 0.0004\%c^{-1}$)

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 (σ_{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

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 Sm соответствует разрыву, 1.2 Sm - трещине):

Уравнение (10), NB-3653.1:

$$S_n = C_1 \frac{P_0 D_0}{2t} + C_2 \frac{D_0}{2I} M_i^{(10)} + C_3 E_{ab} \times \left|\alpha_a T_a - \alpha_b T_b\right| > \begin{Bmatrix} 2.4 S_m \\ 1.2 S_m \end{Bmatrix}$$

Уравнения (12) и (13), NB-3653.6:

$$S_e = C_2 \frac{D_0}{2I} M_i^{(12)} > \begin{Bmatrix} 2.4 S_m \\ 1.2 S_m \end{Bmatrix}$$

$$S = C_1 \frac{P_0 D_0}{2t} + C_2 \frac{D_0}{2I} M_i^{(13)} + C_3' E_{ab} \times \left|\alpha_a T_a - \alpha_b T_b\right| > \begin{Bmatrix} 2.4 S_m \\ 1.2 S_m \end{Bmatrix}$$

где:

Sn, Se, 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

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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, α_a, α_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):

$$S_{OL} + S_E > \begin{Bmatrix} 0.8(1.8S_h + S_a) \\ 0.4(1.8S_h + S_a) \end{Bmatrix}$$

$$S_a = f(1.25S_c + 0.25S_h)$$

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.

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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:

- σ'_{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);
- σ''_{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 σ''_{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:

  $$\sigma'_{RK} > 0.8 \times 2R^T_{p0,2} = 1.6R^T_{p0,2}$$

  или

  $$\sigma''_{RK} > 0.8 \times 2R^T_{p0,2} = 1.6R^T_{p0,2}$$

  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:

  $$\sigma'_{RK} > 0.4 \times 2R^T_{p0,2} = 0.8R^T_{p0,2}$$

  или

  $$\sigma''_{RK} > 0.4 \times 2R^T_{p0,2} = 0.8R^T_{p0,2}$$

© 2023 ЦКТИ-Вибросейсм

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:

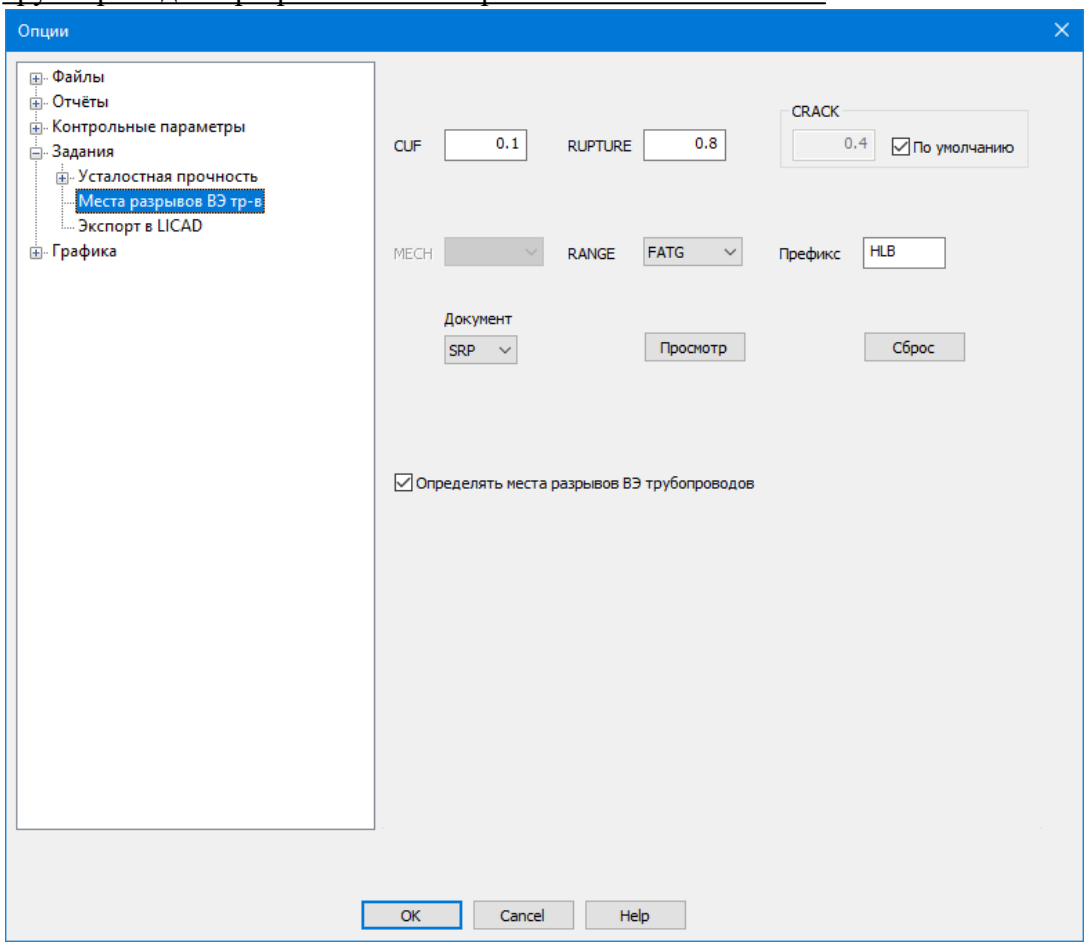
- условие возникновения поперечного или продольного разрыва:

$$\sigma_2 + \sigma_3 > 0.8 \times (1.2 f_f + f_a)$$

- условие образования сквозной трещины:

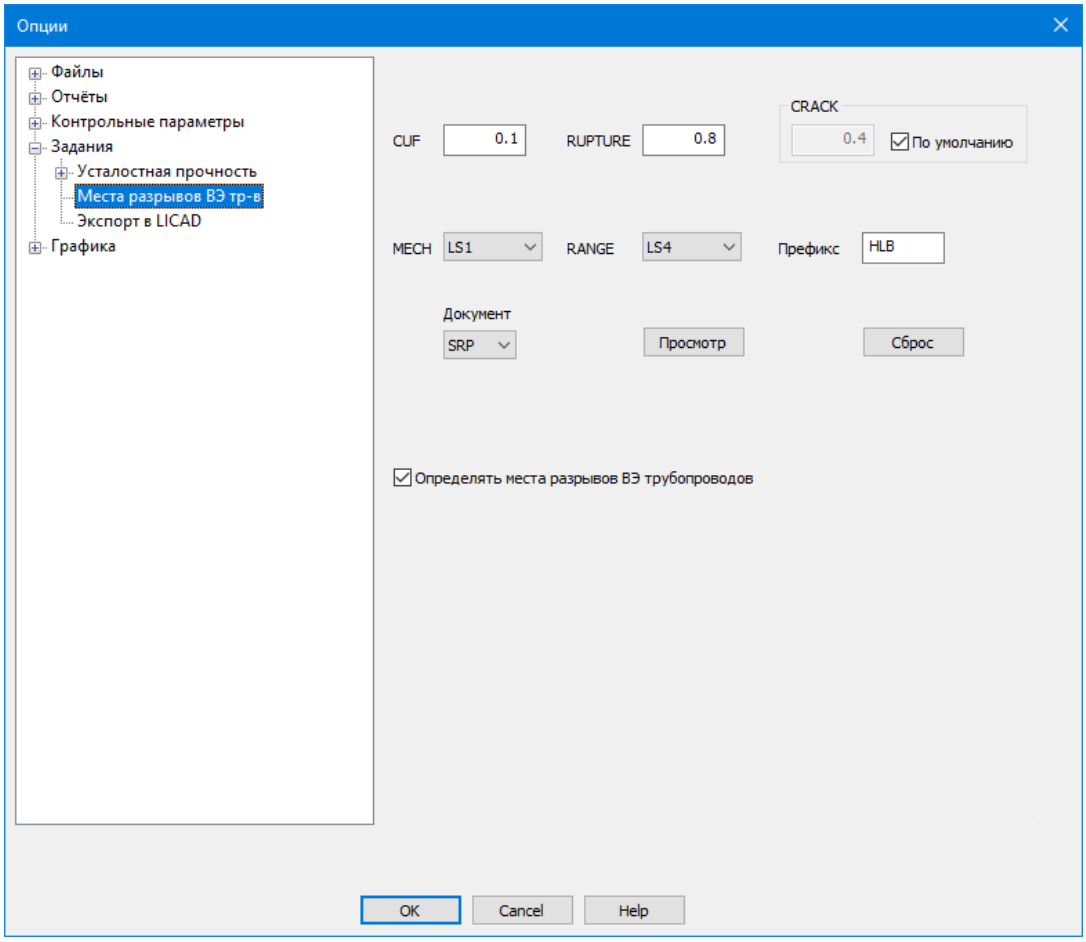
$$\sigma_2 + \sigma_3 > 0.4 \times (1.2 f_f + f_a)$$

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
```