

Научно-исследовательский центр **СтаДиО**

**“Семейство” программных комплексов  
АСТРА-НОВА’2017™ (релиз 201611)**

**Верификационный отчет по новым возможностям  
Том 1. Расчет трубопроводных систем**



2016 г.

## Содержание

Введение .....	3
N1. Учет трения и температурных деформаций в режиме испытаний .....	4
N2. Учет различных изгибных и сдвиговых жесткостей в двух плоскостях линзовых\сильфонных компенсаторов.....	22
N3. Расширение возможностей фрагментации расчётной модели.....	31
N4. Реализация возможности задания различных физико-механических и нагрузочных параметров для отдельных деталей на участке .....	36
N5. Реализация тройника как отдельной детали с возможностью задания параметров на тройник, без участия примыкающих участков.....	44
N6. Реализация положений и формул по оценке прочности новых нормативных документов ГОСТ Р 55989-2014, ГОСТ Р 55990-2014 .....	50
N7. Добавление новой таблицы исходных данных.....	59
N8. Корректировка функции импорта модели из ПК СТАРТ.....	64

## Введение

В версии 201611 были добавлены следующие новые возможности:

1. учет трения и температурных деформаций в режиме испытаний;
2. учет различных изгибных и сдвиговых жесткостей в двух плоскостях линзовых\сильфонных компенсаторов;
3. расширение возможностей фрагментации расчётной модели;
4. реализация возможности задания участковых данных для отдельных деталей;
5. реализация тройника как отдельной детали;
6. реализация положений и формул по оценке прочности нормативных документов ГОСТ Р 55989-2014, ГОСТ Р 55990-2014;
7. новая форма представления таблицы исходных данных;
8. корректировка функции импорта модели из ПК СТАРТ;
9. расчет деталей трубопроводов с учетом автофретирования (АСТРА-СТАДИО);
10. расчет на определение предельной пластической нагрузки (АСТРА-СТАДИО).

В данном документе приведены примеры использования новых функций и, где это возможно, рассмотрены тестовые верификационные задачи, подтверждающие корректность работы программы.

В томе 1 рассматриваются вопросы, связанные с расчетами трубопроводных систем (пп. 1-8). Том 2 посвящен уточненным расчетам деталей трубопроводов с учетом физической нелинейности (упругопластического поведения материала) и практическим приложениям упругопластических расчетов таким, как расчет деталей с учетом автофретирования и определение предельных пластических нагрузок.

## **№1. Учет трения в опорах и температурных деформаций в режиме испытаний**

В версии 201611 для режима испытаний реализованы следующие новые возможности (включаются в параметрах расчета на статическую и циклическую прочность):

- учет трения в опорах;
- учет температурных деформаций (деформации за счет разности температуры испытаний и холодной температуры).

Проверка корректной работы этих возможностей осуществляется путем сравнения результатов расчета в режиме испытаний с результатами для рабочего режима при идентичных заданных нагрузках.

### **№1.1. Проверка на элементарных моделях**

Рассматривалось несколько элементарных моделей, содержащих только односторонние опоры с трением и жесткие заделки.

По модели 1 тестируется учет трения в опорах при испытаниях. Расчет проводится с учетом осевых сил от давления. По модели 2 проверяется учет отрыва от односторонних опор в режиме испытаний. По модели 3 проверяется учет температурных деформаций при испытаниях.



### №1.1.1. Учет трения в опорах

Рассматривается модель, показанная на рис. №1.1.1, №1.1.2.

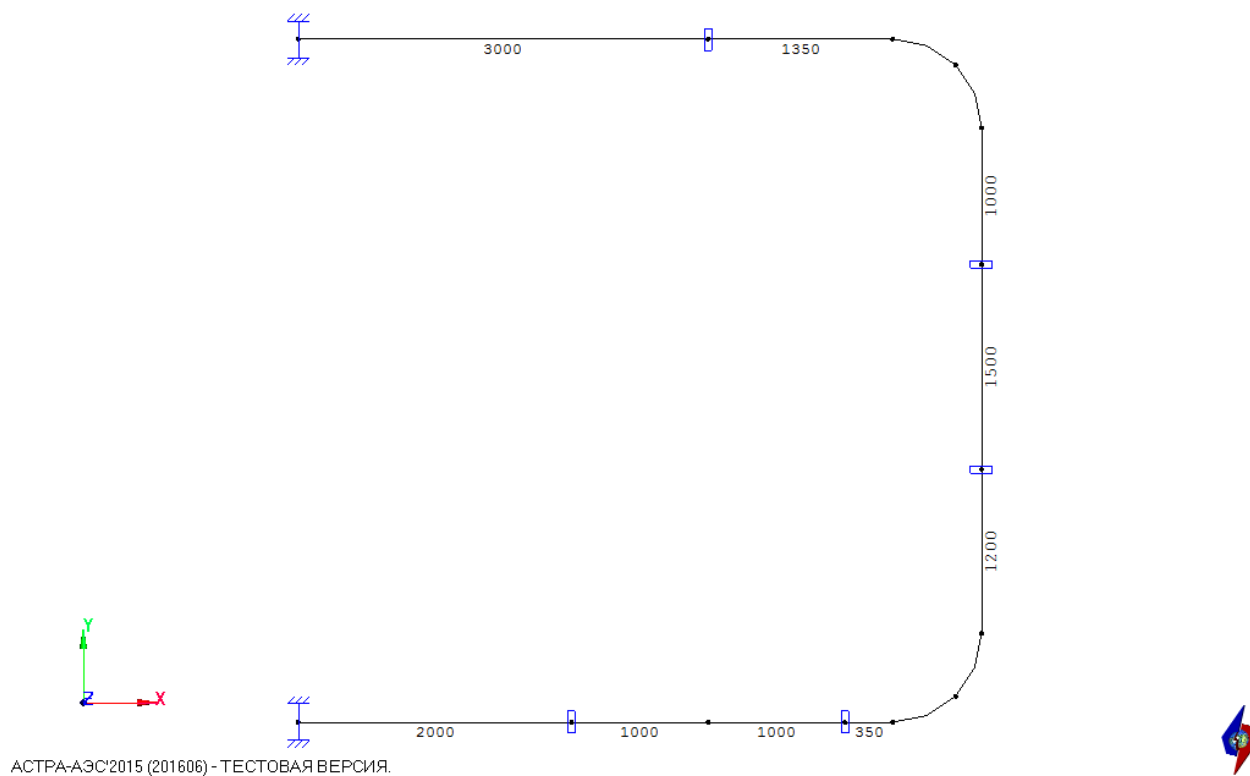


Рис. №1.1.1. Модель 1

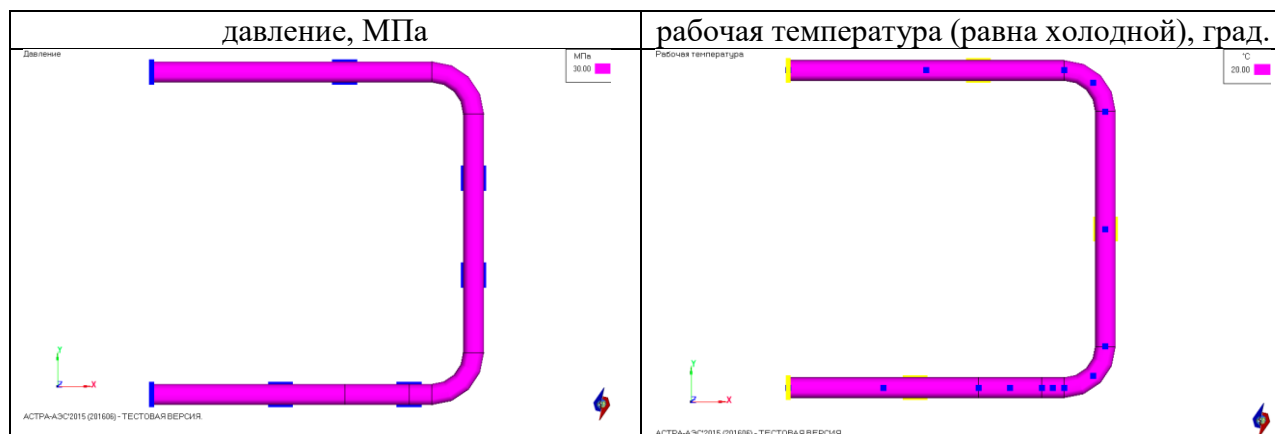
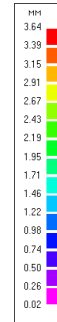
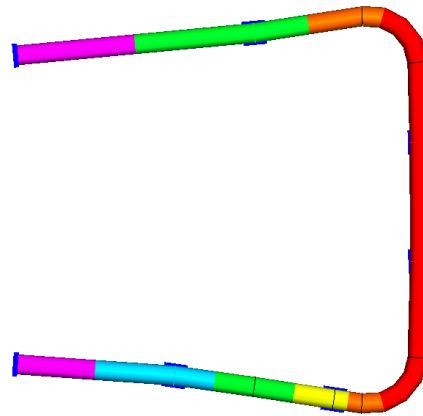


Рис. №1.1.2. Нагрузки модели 1

## Этап 2

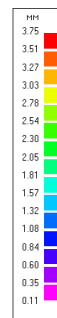
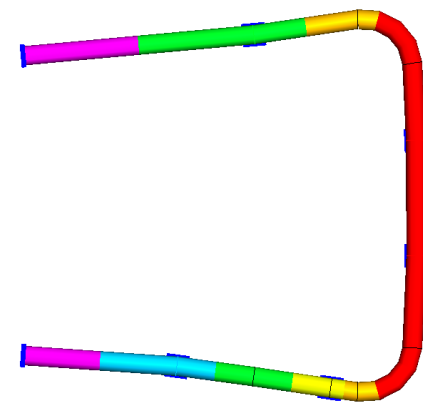
ПОСТ-СТАЦ Перемещения в ГСК (мм). Масштаб = 447.  
Этап 2. Все нагрузки в рабочем состоянии.



АСТРА-АЭС2015 (201606) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

### Режим испытаний (неучет трения)

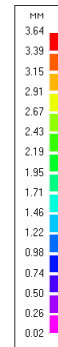
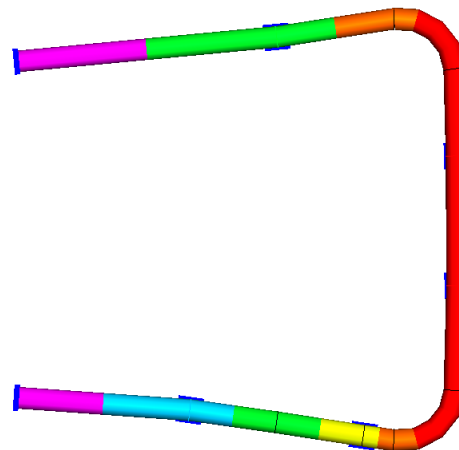
ПОСТ-СТАЦ Перемещения в ГСК (мм). Масштаб = 433.  
Режим испытаний.



АСТРА-АЭС2015 (201606) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

### Режим испытаний (учет трения)

ПОСТ-СТАЦ Перемещения в ГСК (мм). Масштаб = 447.  
Режим испытаний.



АСТРА-АЭС2015 (201606) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

Рис. N1.1.3. Перемещения модели 1, мм. Учет осевых сил от давления

## Этап 2

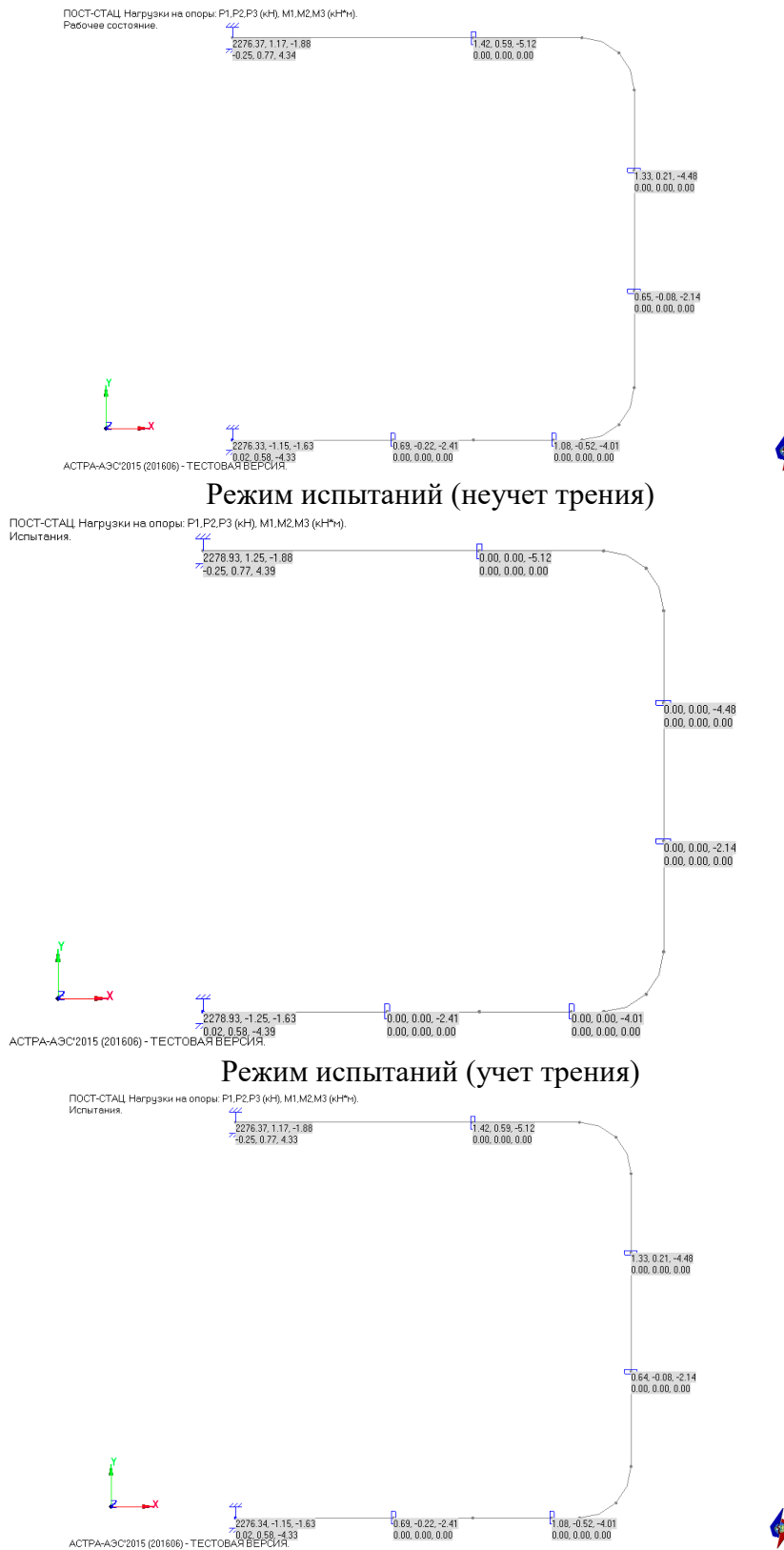


Рис. N1.1.4. Нагрузки на опоры модели 1, м. Учет осевых сил от давления

ПОСТ-СТАЦ Перемещения в ГСК (mm). Масштаб = 447.  
Режим испытаний.

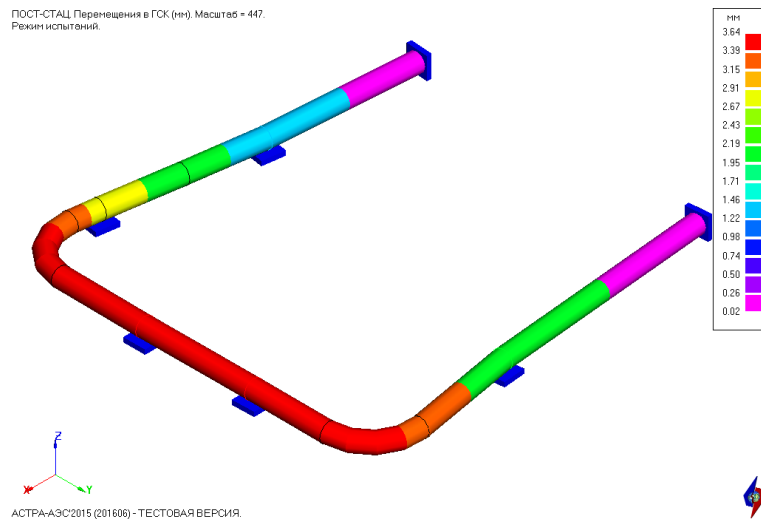


Рис. N1.1.5. Перемещения модели 1 при заданной температуре испытаний 150 град., мм

### Заключение

Результаты (перемещения, нагрузки на опоры) для рабочего режима и режима испытаний с учетом трения совпадают, что говорит о корректном учете трения при испытаниях.

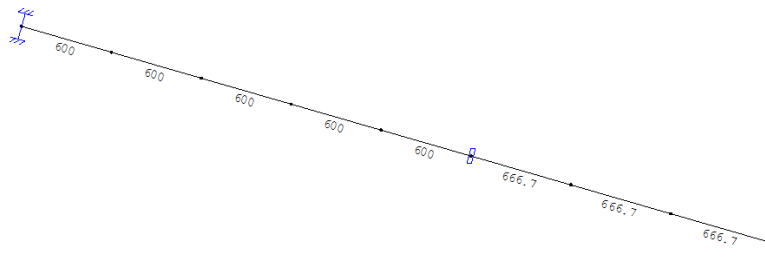
### №1.1.2. Учет отрыва от опор в режиме испытаний

Рассматривается консольный участок, содержащий одностороннюю опору. К свободному концу участка приложена вертикальная сосредоточенная сила, направленная вверх. По результатам расчета для режима испытаний, как и в рабочем режиме наблюдается отрыв от опоры. Таким образом, отрыв трубопровода от опор при испытаниях учитывается правильно.

Табл. №1.1.1. Параметры расчетной схемы

Наружный диаметр труб, мм	325
Толщина стенки, мм	12
Радиус отводов, мм	487.5
Погонный вес материала, кН/м	0.914292
Коэффициент перегрузки по материалу	1.1
Модуль упругости в рабочем состоянии, МПа	2.05e5
Модуль упругости в холодном состоянии, МПа	2.05e5
Рабочее давление, МПа	10
Холодная температура, град.	20
Рабочая температура, град.	20
Давление испытаний, МПа	0
Температура испытаний, град.	0
Разность между удельными весами сред при испытаниях, кН/м <sup>3</sup>	0

ПРЕПРОЦЕССОР

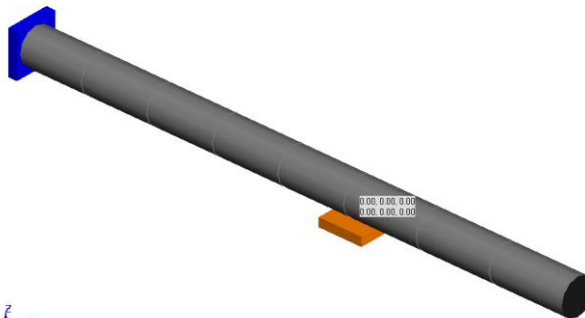


АСТРА-АЭС'2015 (201605)

Рис. N1.1.6. Модель 2

ПОСТ-СТАЦ Нагрузки на опоры P1,P2,P3 (кН), M1,M2,M3 (кНм).  
Испытания.

Предупреждения  
Отрыв от опоры

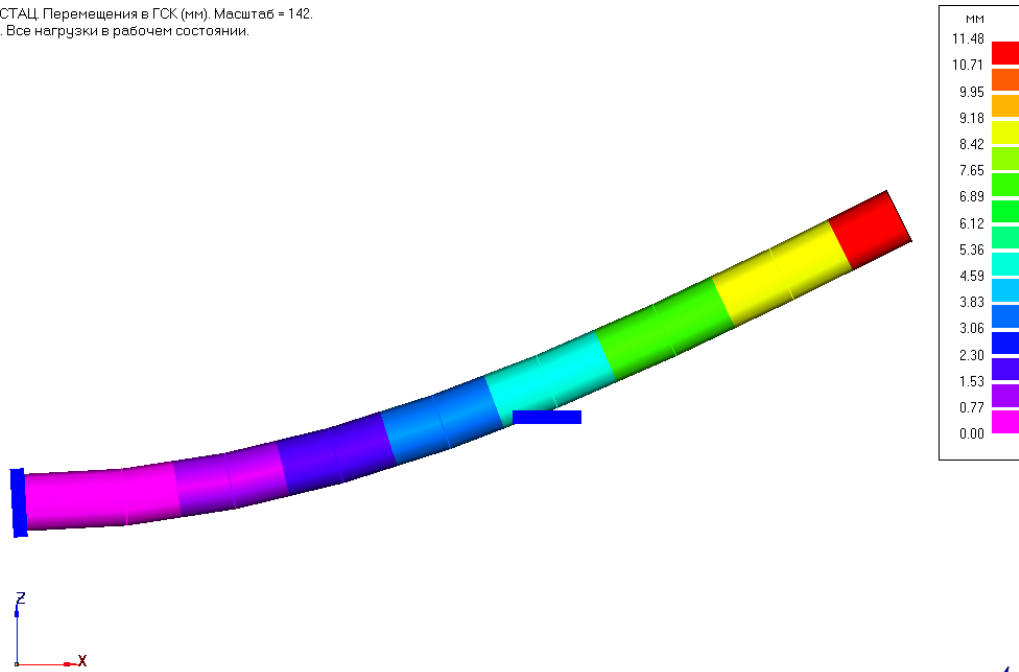


АСТРА-АЭС'2015 (201606) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ

Рис. N1.1.7. Отрыв от опоры при испытаниях

## Этап 2

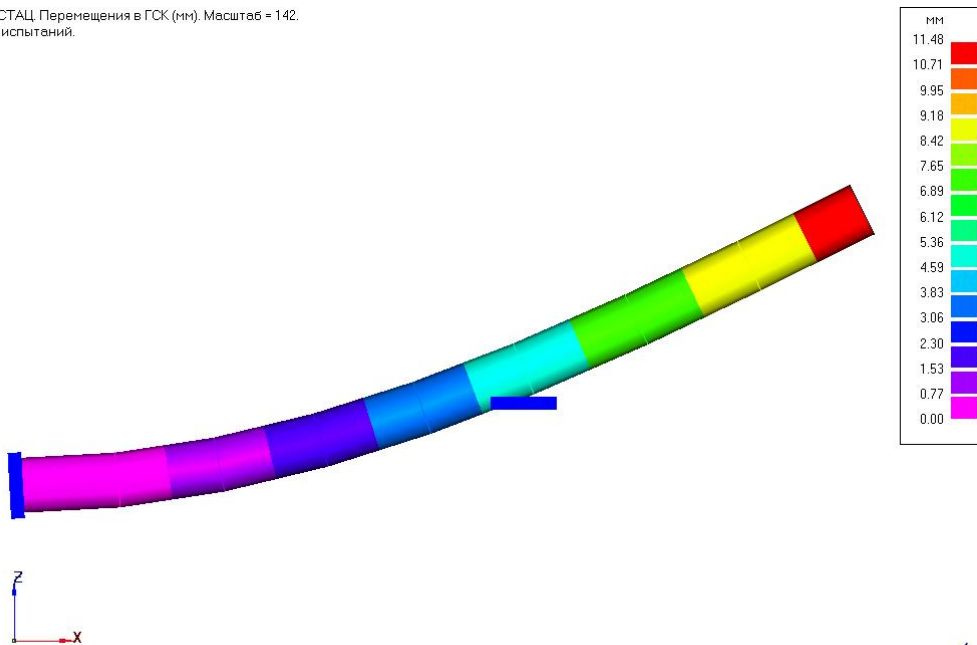
ПОСТ-СТАЦ Перемещения в ГСК (мм). Масштаб = 142.  
Этап 2. Все нагрузки в рабочем состоянии.



АСТРА-АЭС'2015 (201606) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

## Режим испытаний

ПОСТ-СТАЦ Перемещения в ГСК (мм). Масштаб = 142.  
Режим испытаний.



АСТРА-АЭС'2015 (201606) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

Рис. N1.1.8. Перемещения, мм

### №1.1.3. Учет температурных деформаций при испытаниях

Рассматривалась схема, состоящая из одного участка, лежащего на односторонних опорах. Нагрузки в рабочем режиме и при испытаниях одинаковы. Сравнивались перемещения в этих режимах.

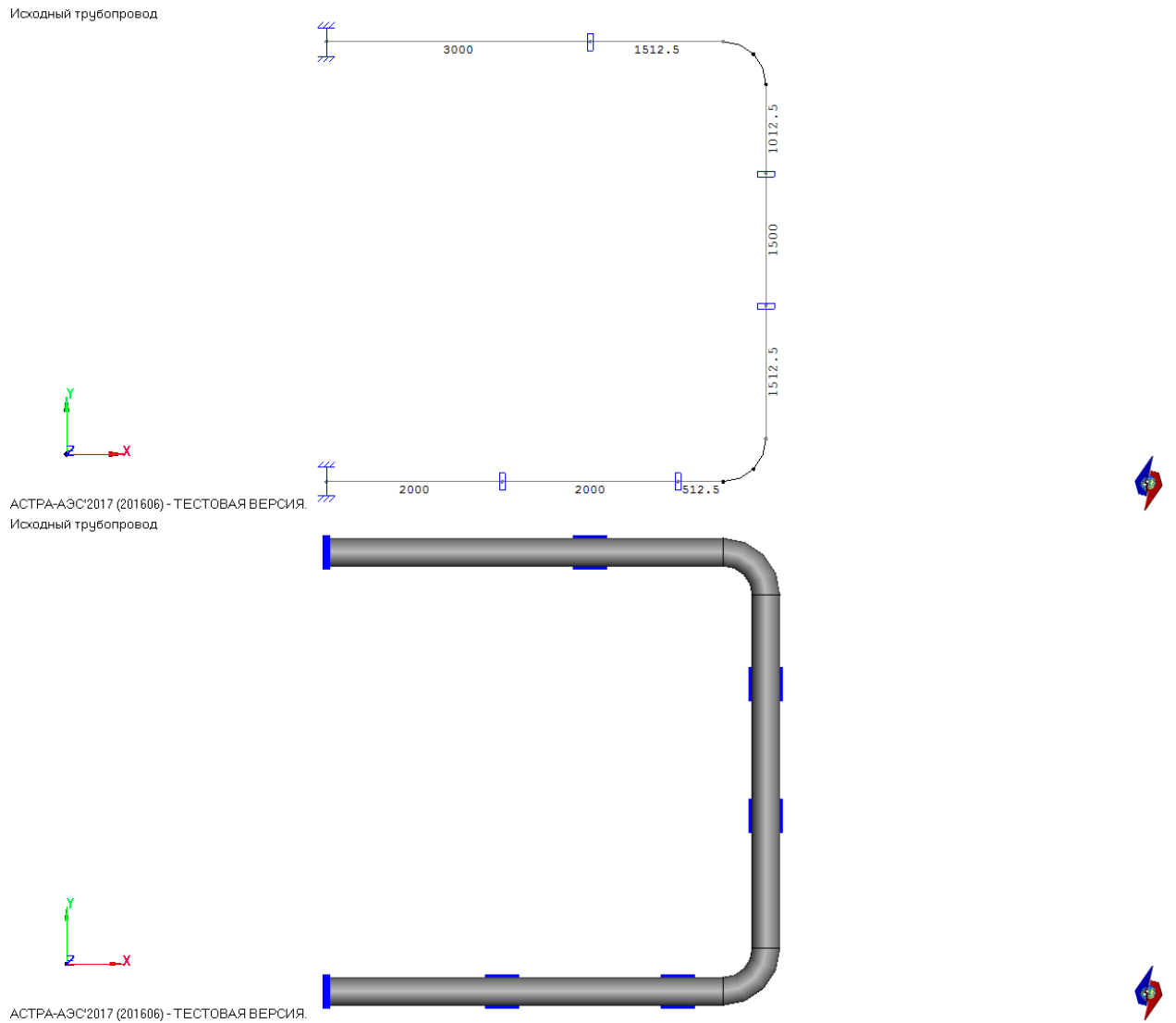


Рис. №1.1.9. Расчетная схема



Табл. N1.1.2. Параметры расчетной схемы:

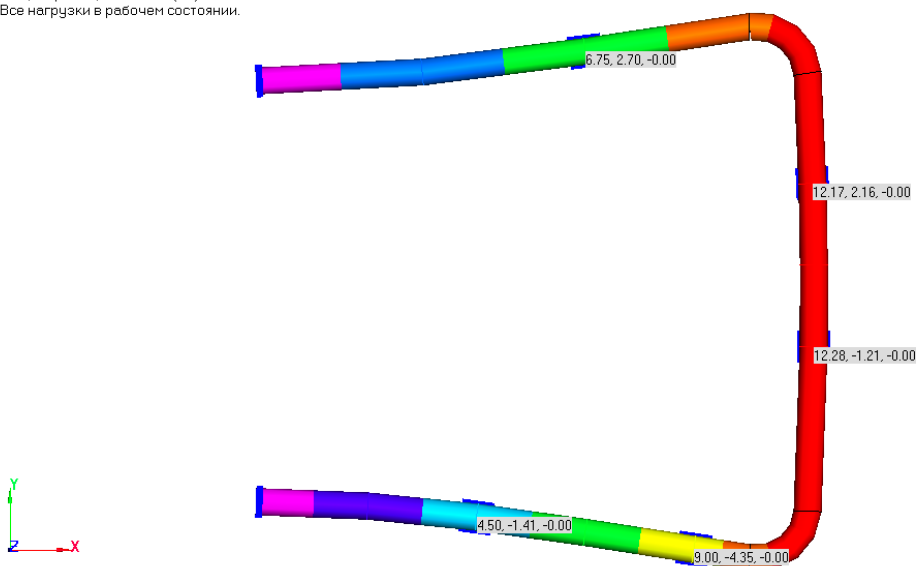
Наружный диаметр труб, мм	325
Толщина стенки, мм	12
Радиус отводов, мм	487.5
Погонный вес материала, кН/м	3
Модуль упругости в рабочем состоянии, МПа	2e5
Модуль упругости в холодном состоянии, МПа	2e5
Рабочее давление, МПа	10
Холодная температура, град.	20
Рабочая температура, град.	200
Давление испытаний, МПа	10
Температура испытаний, град.	200
Разность между удельными весами сред при испытаниях, кН/м <sup>3</sup>	0

Табл. N1.1.3. Сопоставление перемещений по оси X в сечениях (мм)

		номер сечения				
		2	4	7	9	12
без трения	этап 2	4.50	9.00	12.28	12.17	6.75
	режим испытаний	4.50	9.00	12.28	12.17	6.75
учет трения по методике Гипрокаучук	этап 2	4.50	8.99	12.12	12.02	6.74
	режим испытаний	4.50	8.99	12.12	12.02	6.74
учет трения по методике НПО ЦКТИ	этап 2	4.50	8.99	12.12	12.02	6.74
	режим испытаний	4.50	8.99	12.12	12.02	6.74

## Этап 2

ПОСТ-СТАЦ Перемещения в ГСК (мм). Масштаб = 130.  
Этап 2. Все нагрузки в рабочем состоянии.



АСТРА-АЭС'2017 (201606) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

## Режим испытаний

ПОСТ-СТАЦ Перемещения в ГСК (мм). Масштаб = 130.  
Режим испытаний.



АСТРА-АЭС'2017 (201606) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

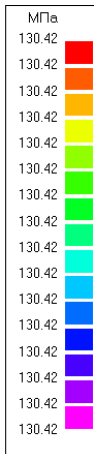
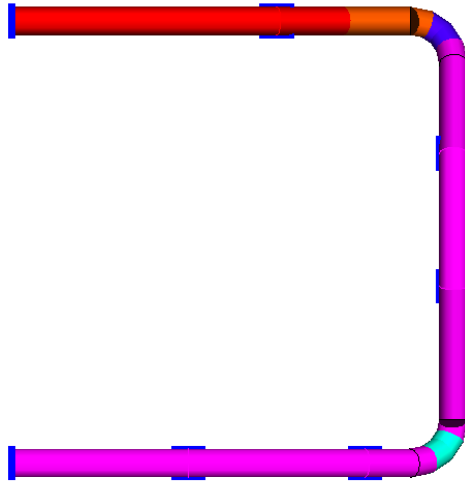
Рис. N1.1.10. Перемещения, м. Расчет без учета трения

ПОСТ-СТАЦ, Расчётные напряжения (МПа).  
Группа 2. Приведенные напряжения от веса и давления

### Рабочий режим



АСТРА-АЭС'2017 (201606) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.



ПОСТ-СТАЦ, Расчётные напряжения (МПа).  
Испытания. Группа 2. Приведенные напряжения от веса и давления

### Режим испытаний



АСТРА-АЭС'2017 (201606) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

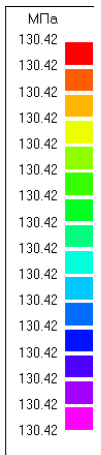
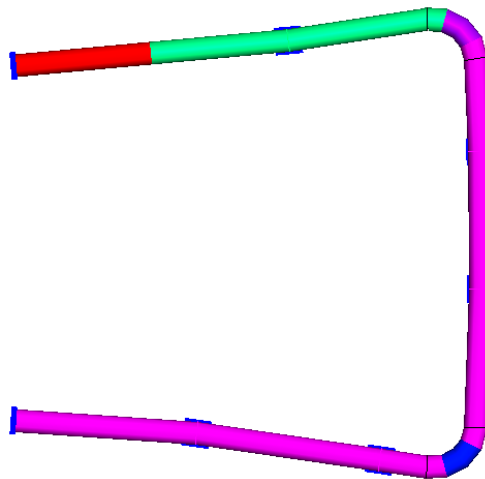
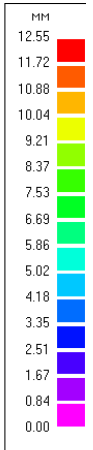
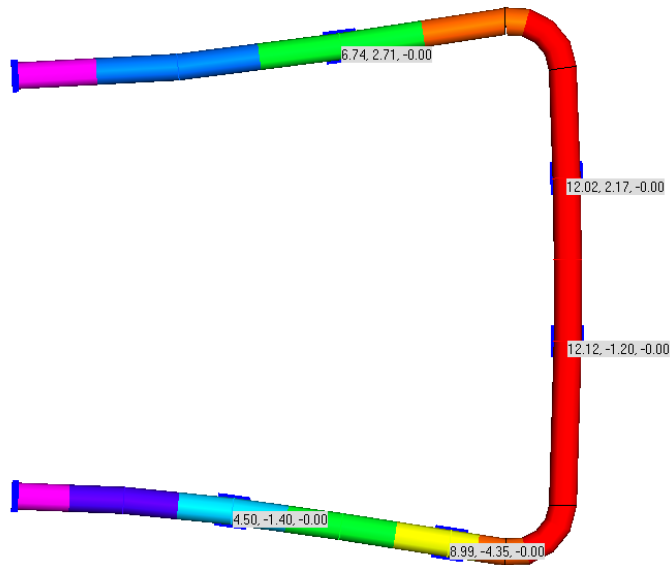


Рис. N1.1.11. Приведенные напряжения от веса и давления, МПа. Расчет без учета трения

## Этап 2

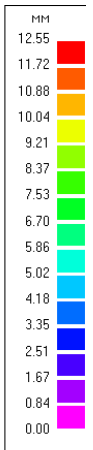
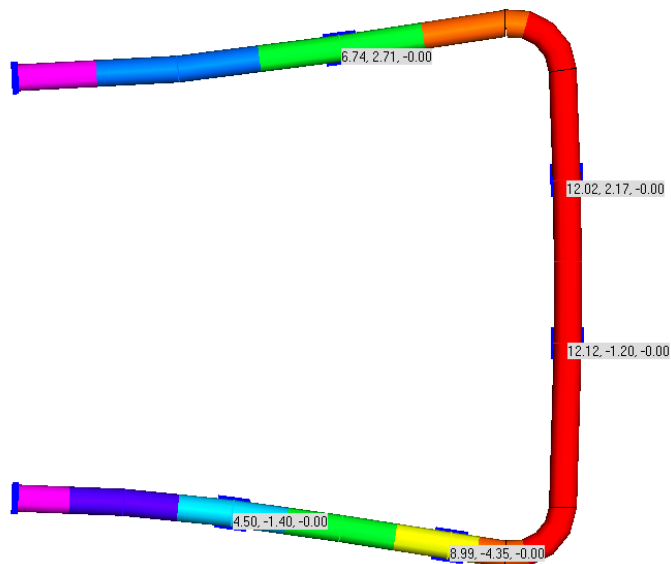
ПОСТ-СТАЦ. Перемещения в ГСК (мм). Масштаб = 130.  
Этап 2. Все нагрузки в рабочем состоянии.



АСТРА-АЭС'2017 (201606) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

## Режим испытаний

ПОСТ-СТАЦ. Перемещения в ГСК (мм). Масштаб = 130.  
Режим испытаний.



АСТРА-АЭС'2017 (201606) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

Рис. N1.1.12. Перемещения, м. Расчет с трением по методике Гипрокаучук

### Заключение

Результаты по этапу 2 и режиму испытаний при учете температурных деформаций полностью совпадают.

## N1.2. Тест на большой схеме

Была рассмотрена расчетная схема TEST3 из стандартного набора примеров (EXAMPLES), который включен в поставку АСТРА-НОВА. Все пружины в схеме для целей тестирования заменены на жесткие подвески (пружинные подвески в рабочем режиме и при испытаниях учитываются по-разному, см. Общее описание). Заданы одинаковые нагрузочные параметры для рабочего режима и испытаний.

Сравниваются результаты (перемещения и усилия) для этапа 2 и режима испытаний.

Исходный трубопровод

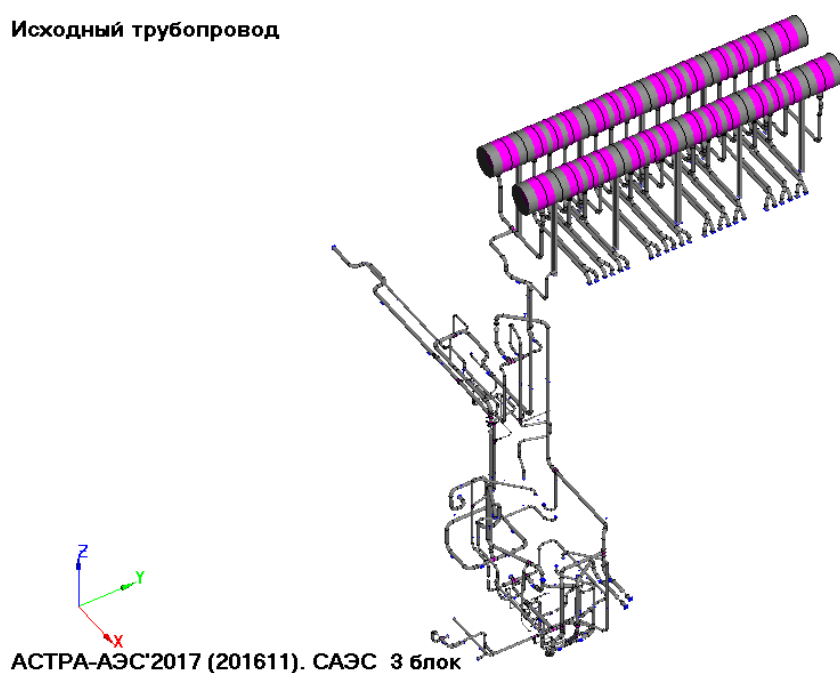


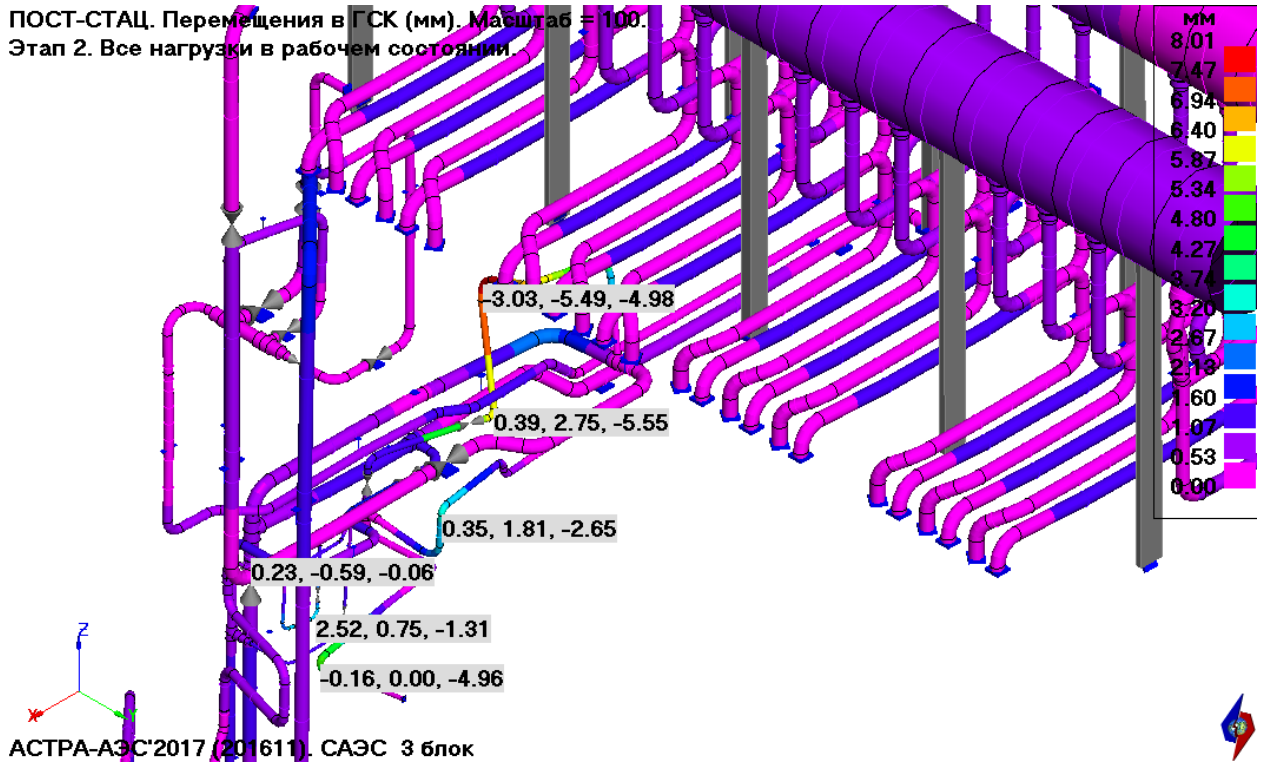
Рис. N1.2.1. Расчетная схема

Табл. N1.2.1. Параметры расчетной схемы:

Модуль упругости в рабочем состоянии, МПа	2e5
Модуль упругости в холодном состоянии, МПа	2e5
Рабочее давление, МПа	10
Холодная температура, град.	20
Рабочая температура, град.	20
Давление испытаний, МПа	10
Температура испытаний, град.	20
Разность между удельными весами сред при испытаниях, кН/м <sup>3</sup>	0

этап 2

ПОСТ-СТАЦ. Перемещения в ГСК (мм). Масштаб = 100.  
Этап 2. Все нагрузки в рабочем состоянии



режим испытаний

ПОСТ-СТАЦ. Перемещения в ГСК (мм). Масштаб = 100.  
Режим испытаний

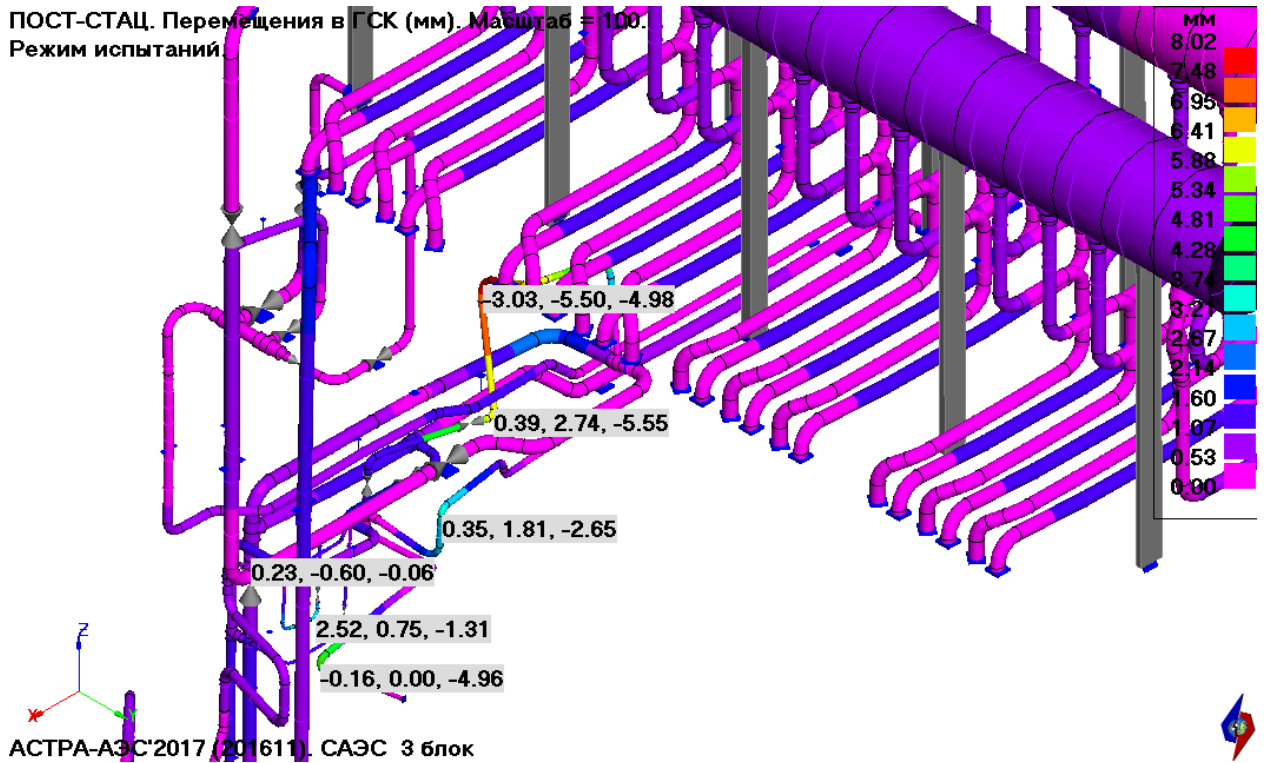


Рис. N1.2.2. Расчетные перемещения, мм

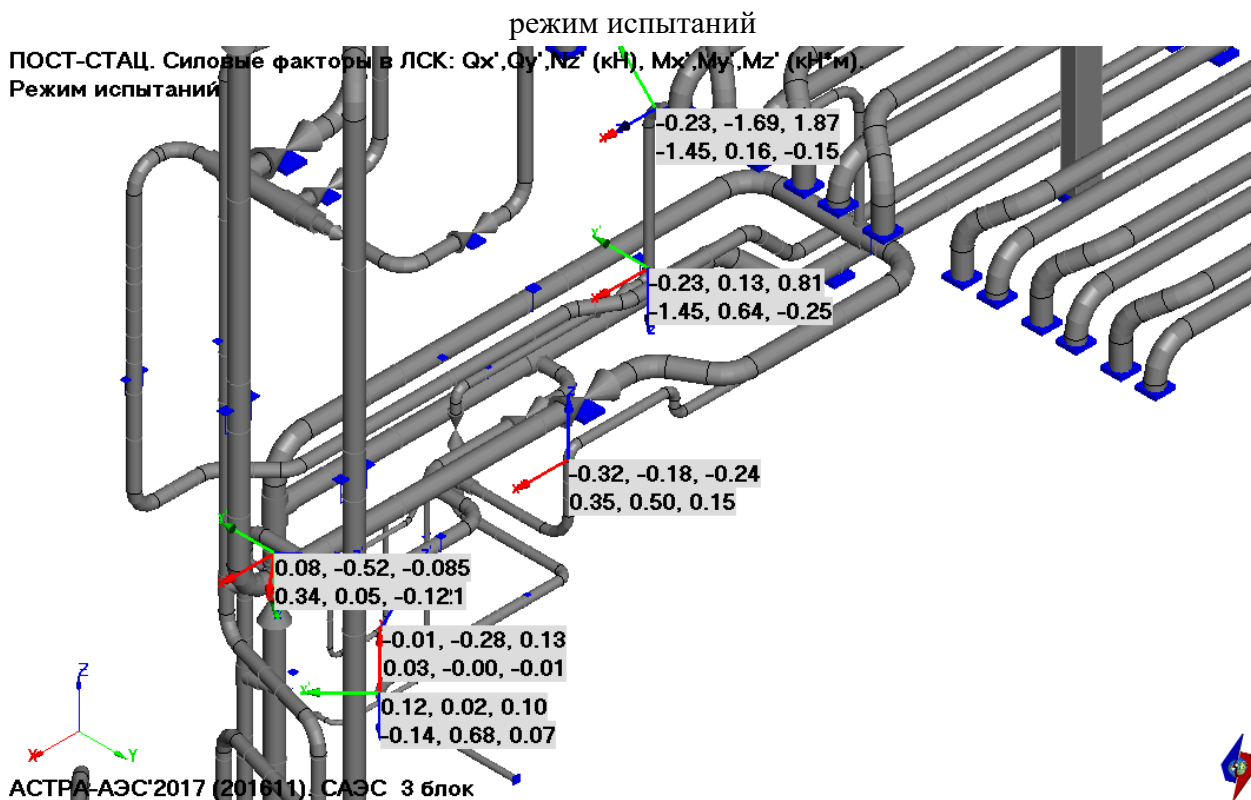
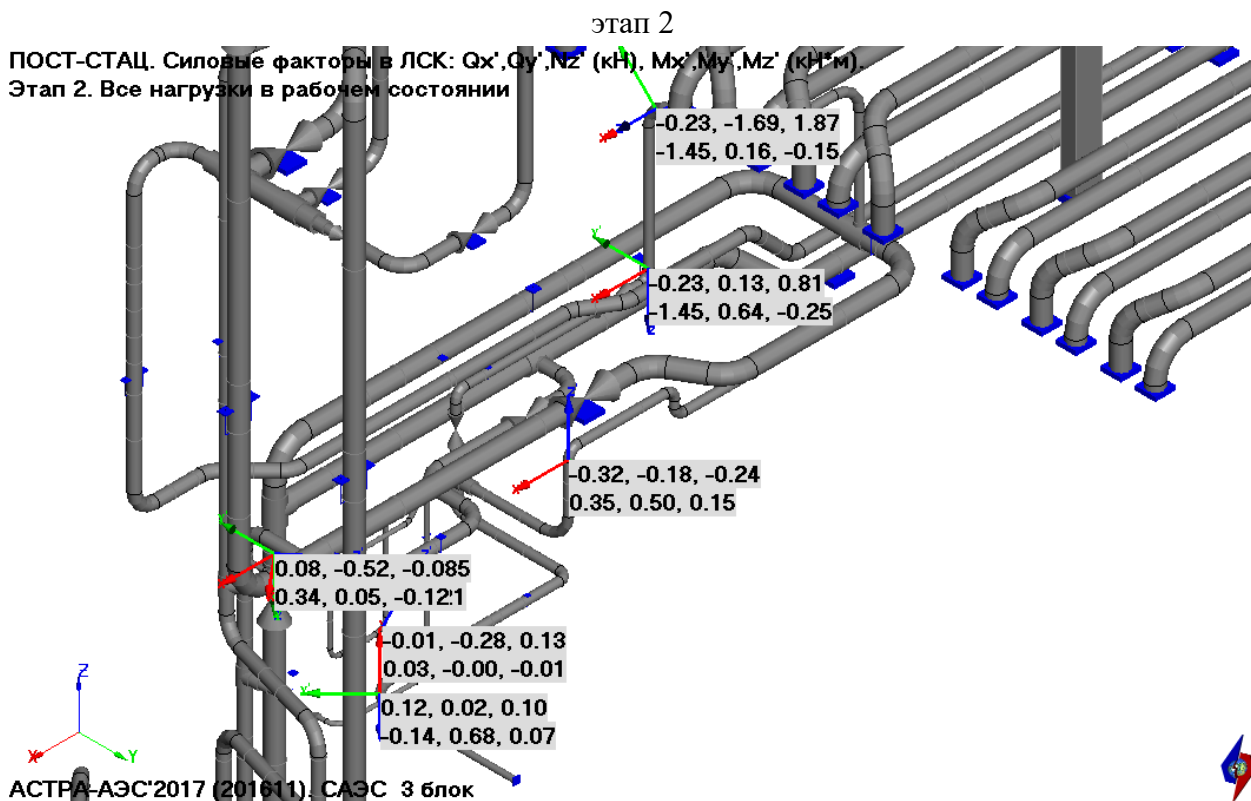


Рис. N1.2.3. Силовые факторы в некоторых сечениях, кН



## **Заключение**

Результаты по перемещениям и усилиям в сечениях для рабочего режима (этап 2) и режима испытаний практически идентичны.

## **№2. Учет различных изгибных и сдвиговых жесткостей в двух плоскостях линзовых\сильфонных компенсаторов**

Была добавлена возможность задания различных в ортогональных плоскостях жесткостей компенсаторов на изгиб (вокруг локальных осей  $X'$ ,  $Y'$ ) и сдвиг (вдоль осей  $X'$ ,  $Y'$ ) (рис. №2.2).

Для проверки корректности работы новой функции рассмотрена элементарная модель: консольный участок, состоящий из компенсатора длиной 1000 мм и отрезков прямых труб длиной 1 мм по краям (рис. №2.1, табл. №2.1).

Таблица №2.1. Принятые параметры расчетной схемы

Наружный диаметр, мм	219
Толщина стенки, мм	12
Модуль упругости, МПа	2e5
Плотность материала	0

На консольном конце задавались различные сосредоточенные нагрузки. Анализировались перемещения этого узла (табл. №2.2). Основные выполненные проверки и результаты:

- При сопоставлении компенсатора и прямой трубы с одинаковыми жесткостями на изгиб, кручение, растяжение и сдвиг (варианты 1-4 в табл. №2.2) полученные перемещения практически идентичны.
- Рассматривался компенсатор под действием изгибающих моментов вокруг осей  $Y$  и  $Z$  (ось  $X$  – продольная ось трубы) (варианты 5-7 в табл. №2.2). Изменение одной из изгибных жесткостей в 2 раза приводит к изменению соответствующего перемещения в 2 раза.
- Рассматривались варианты поворота локальных осей на 45 град. и 30 град. В первом случае деформированная схема симметрична, поскольку нагрузка задана в глобальной системе координат, изменение одной из жесткостей на изгиб в 2 раза приводит к пропорциональному изменению перемещений в 1.5 раза. При угле в 30 град. деформированная схема несимметрична.
- Рассмотрено влияние сдвиговых жесткостей на деформацию консоли под действием поперечных сил  $F_Y$ ,  $F_Z$ . При изменении жесткостей по осям  $Y$  и  $Z$  перемещения меняются соответствующим образом.

### **Заключение**

Учет различных по осям жесткостей компенсаторов реализован корректно.

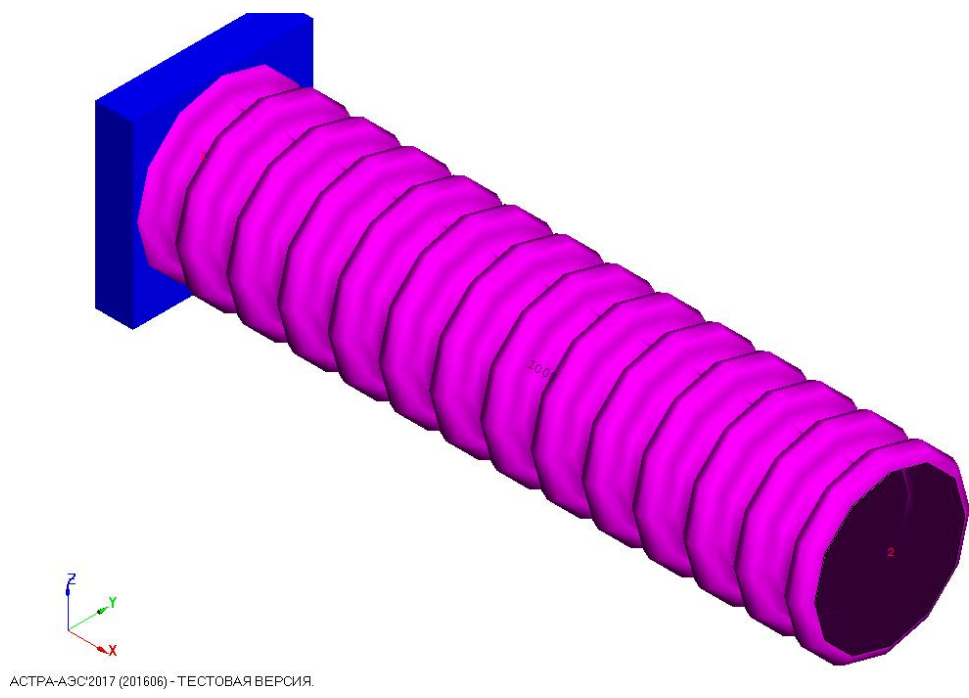
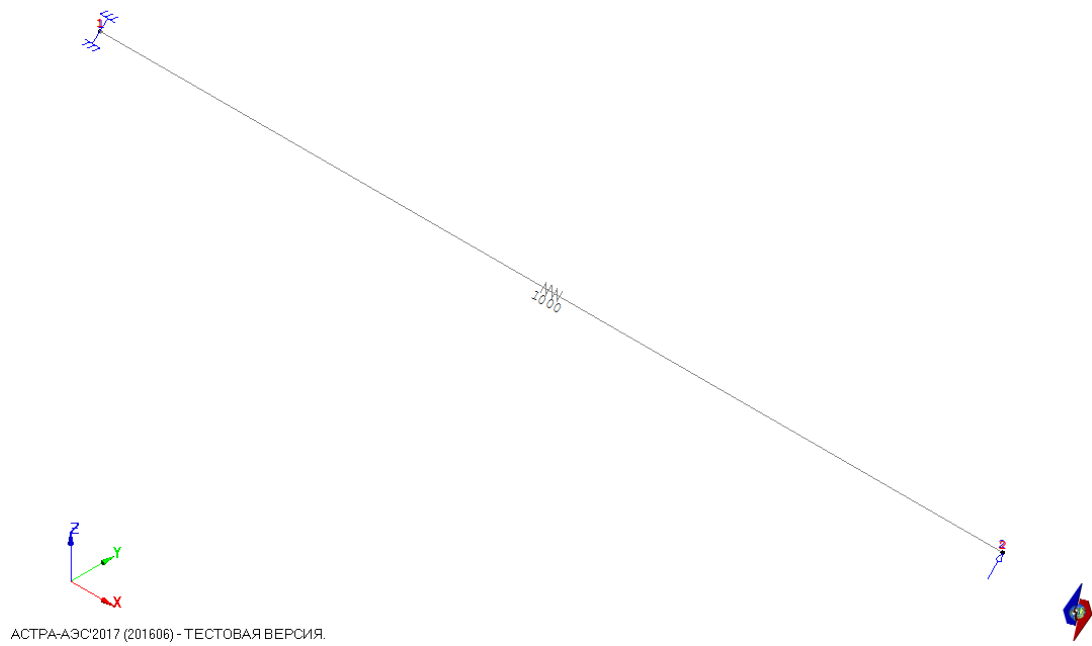


Рис. N2.1. Расчетная схема

Компенсатор		
Компенсатор	Общего вида	
<input type="checkbox"/> Жёсткости компенсатора		
На изгиб вокруг X'	8387.631	кН*м/рад
На изгиб вокруг Y'	8387.631	кН*м/рад
На кручение	6452.024	кН*м/рад
На растяжение	1560743	кН/м
На сдвиг по X'	600285.9	кН/м
На сдвиг по Y'	600285.9	кН/м
Угол поворота локальных осей	0	град
Эффективная площадь	0	м <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Вес		
Материала	0	кН
Продукта	0	кН
Изоляции	0	кН
<input type="checkbox"/> Допускаемые перемещения		
Осевой ход	0	мм
Сдвиг	0	мм
Угол	0	рад
Диаметр кожуха изоляции (для	0	мм
Выбор из БД		
Бесканальная прокладка	Нет	

Рис. N2.2. Задание жесткостей компенсатора в версии 201611

Таблица N2.2 Результаты (перемещения консольного конца)

№	Вариант	Перемещения, мм			Углы поворота, рад.		
		UX	UY	UZ	ROTX	ROTY	ROTZ
1	<b>Прямая труба, нагрузки FY = 1000 кН, FZ = 1000 кН</b>	0	43.32	43.32	0	-0.0599	0.0599
2	<b>Компенсатор, нагрузки FY = 1000 кН, FZ = 1000 кН</b>	0	43.31	43.31	0	-0.0599	0.0599
3	<b>Прямая труба, нагрузки FX = 1000 кН, FY = 1000 кН, FZ = 1000 кН, MX = 1000 кНм, MY = 1000 кНм, MZ = 1000 кНм</b>	0.64	103.17	-16.53	0.1553	0.0596	0.1793
4	<b>Компенсатор, нагрузки FX = 1000 кН, FY = 1000 кН, FZ = 1000 кН, MX = 1000 кНм, MY = 1000 кНм, MZ = 1000 кНм</b>	0.64	103.17	-16.54	0.1553	0.0596	0.1793
5	<b>Компенсатор, жесткости на изгиб вокруг X' 8000 кНм/рад, на изгиб вокруг Y' 8000 кНм/рад, кручение и растяжение как у прямой трубы, жесткость на сдвиг 0, нагрузки:</b>	0	62.74	62.74	0	-0.1252	0.1252

	<p><math>M_Y = -1000</math> кНм, <math>M_Z = 1000</math> кНм</p>						
6	<p>Компенсатор, <b>жесткости</b> на изгиб вокруг X' 4000 кНм/рад, на изгиб вокруг Y' 8000 кНм/рад, кручение и растяжение как у прямой трубы, на сдвиг жесткость 0, <b>нагрузки:</b> <math>M_Y = -1000</math> кНм, <math>M_Z = 1000</math> кНм</p>	0	62.74	125.37	0	-0.2502	0.1252
7	<p>Компенсатор, <b>жесткости</b> на изгиб вокруг X' 8000 кНм/рад, на изгиб вокруг Y' 4000 кНм/рад, кручение и растяжение как у прямой трубы, на сдвиг жесткость 0, <b>нагрузки:</b> <math>M_Y = -1000</math> кНм, <math>M_Z = 1000</math> кНм</p>	0	125.37	62.74	0	-0.1252	0.2502
8	<p>Компенсатор, <b>жесткости</b> на изгиб вокруг X' 8000 кНм/рад, на изгиб вокруг Y' 8000 кНм/рад, кручение и растяжение как у прямой</p>	0	62.74	62.74	0	-0.1252	0.1252

	трубы, на сдвиг жесткость 0, <b>нагрузки:</b> $M_Y = -1000$ кНм, $M_Z = 1000$ кНм. Угол поворота локальных осей 45 град.						
9	Компенсатор, <b>жесткости</b> на изгиб вокруг $X' 4000$ кНм/рад, на изгиб вокруг $Y' 8000$ кНм/рад, кручение и растяжение как у прямой трубы, на сдвиг жесткость 0, <b>нагрузки:</b> $M_Y = -1000$ кНм, $M_Z = 1000$ кНм. Угол поворота локальных осей 45 град.	0	94.06	94.06	0	-0.1877	0.1877
10	Компенсатор, <b>жесткости</b> на изгиб вокруг $X' 8000$ кНм/рад, на изгиб вокруг $Y' 4000$ кНм/рад, кручение и растяжение как у прямой трубы, на сдвиг жесткость 0, <b>нагрузки:</b> $M_Y = -1000$ кНм, $M_Z = 1000$ кНм.	0	94.06	94.06	0	-0.1877	0.1877

	Угол поворота локальных осей 45 град.						
11	Компенсатор, <b>жесткости</b> на изгиб вокруг X' 8000 кНм/рад, на изгиб вокруг Y' 8000 кНм/рад, кручение и растяжение как у прямой трубы, на сдвиг жесткость 0, <b>нагрузки:</b> MY = -1000 кНм, MZ = 1000 кНм. Угол поворота локальных осей 30 град.	0	62.74	62.74	0	-0.1252	0.1252
12	Компенсатор, <b>жесткости</b> на изгиб вокруг X' 4000 кНм/рад, на изгиб вокруг Y' 8000 кНм/рад, кручение и растяжение как у прямой трубы, на сдвиг жесткость 0, <b>нагрузки:</b> MY = -1000 кНм, MZ = 1000 кНм. Угол поворота локальных осей 30 град.	0	78.40	109.71	0	-0.2190	0.1565
13	Компенсатор, <b>жесткости</b> на	0	109.71	78.40	0	-0.1565	0.2190



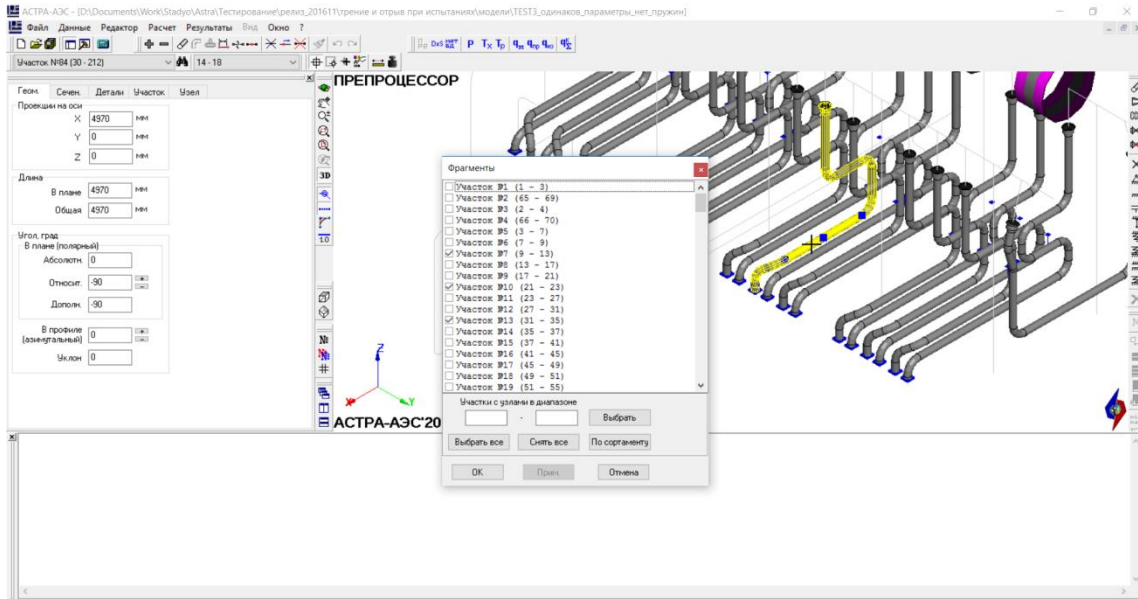
	изгиб вокруг X' 8000 кНм/рад, на изгиб вокруг Y' 4000 кНм/рад, кручение и растяжение как у прямой трубы, на сдвиг жесткость 0, <b>нагрузки:</b> MY = -1000 кНм, MZ = 1000 кНм. Угол поворота локальных осей 30 град.						
14	Компенсатор, <b>жесткости</b> на изгиб вокруг X' 8000 кНм/рад, на изгиб вокруг Y' 8000 кНм/рад, кручение и растяжение как у прямой трубы, на сдвиг жесткости по X' 600000 кН/м, по Y' 600000 кН/м, <b>нагрузки:</b> FY = 1000 кНм, FZ = 1000 кНм	0	45.25	45.25	0	-0.0627	0.0627
15	Компенсатор, <b>жесткости</b> на изгиб вокруг X' 8000 кНм/рад, на изгиб вокруг Y' 8000 кНм/рад, кручение и растяжение	0	45.25	48.58	0	-0.0627	0.0627

	как у прямой трубы, на сдвиг жесткости по X' 300000 кН/м, по Y' 600000 кН/м, <b>нагрузки:</b> FY = 1000 кНм, FZ = 1000 кНм						
16	Компенсатор, <b>жесткости</b> на изгиб вокруг X' 8000 кНм/рад, на изгиб вокруг Y' 8000 кНм/рад, кручение и растяжение как у прямой трубы, на сдвиг жесткости по X' 600000 кН/м, по Y' 300000 кН/м, <b>нагрузки:</b> FY = 1000 кНм, FZ = 1000 кНм	0	48.58	45.25	0	-0.0627	0.0627

### №3. Расширение возможностей фрагментации расчётной модели

К существовавшей в предыдущих версиях операции фрагментации (выбора части схемы) по участкам и сортаментам труб (рис. №3.1(а)) в версии 201611 добавилась возможность проводить выбор элементов схемы по большому числу параметров (рис. №3.2(б)) таких как свойства материалов, нагрузки, коэффициенты, типы деталей (прямые трубы, отводы, некольцевые сечения) и др.

а)



б)

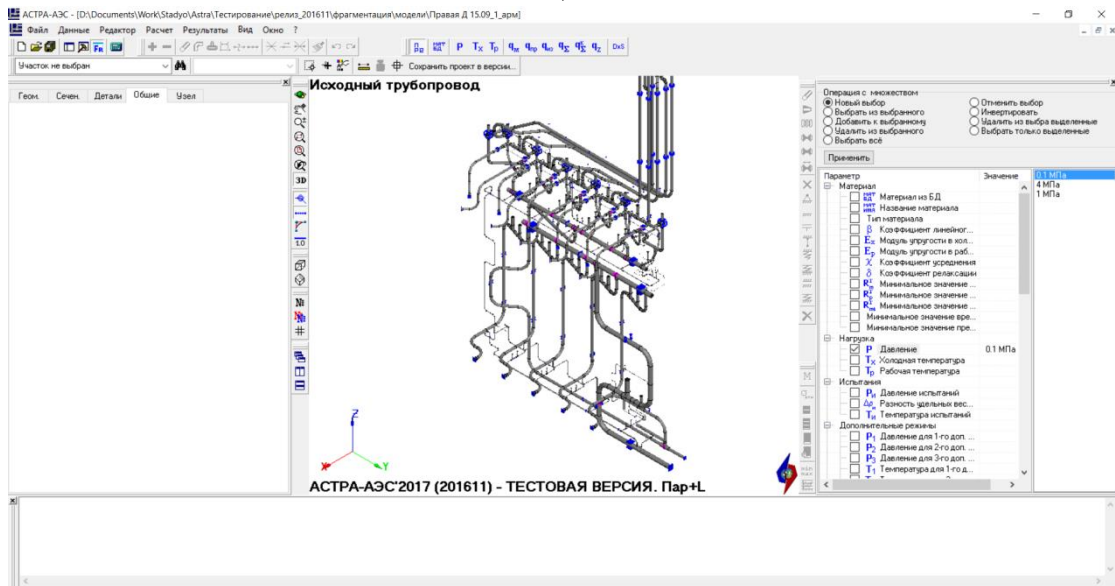
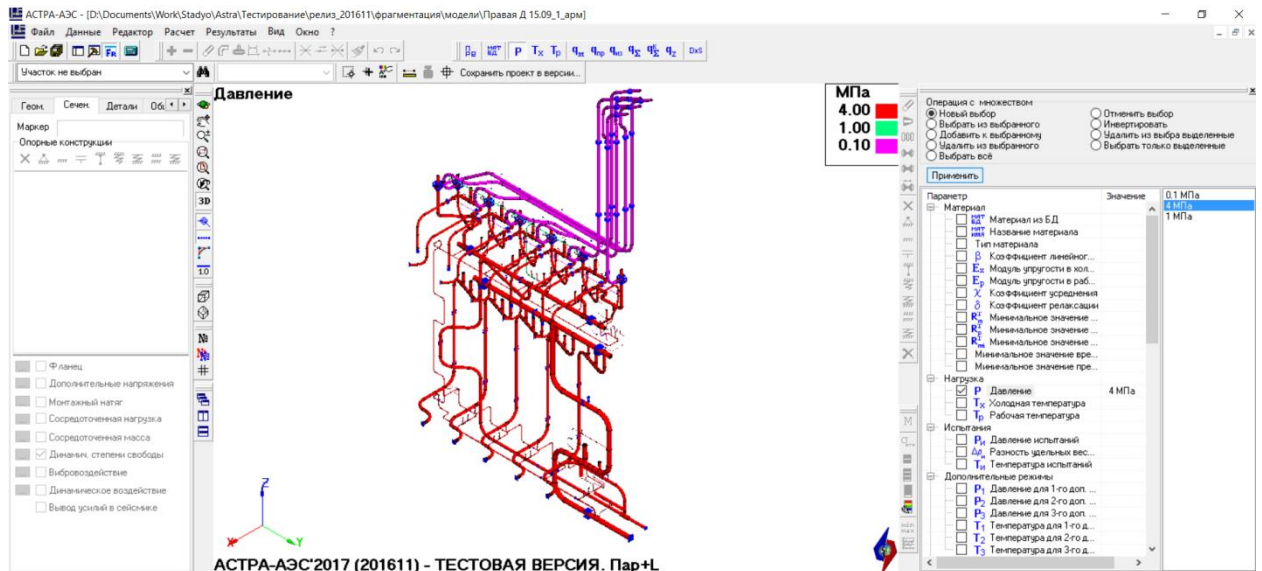


Рис. №3.1. Опция фрагментации расчётной модели: (а) в версии 201605, (б) в версии 201611

Рассмотрим несколько примеров фрагментации на объемных расчетных схемах. На рис. N3.2 показан выбор всей деталей с внутренним давлением 4 МПа. Можно проводить выбор одновременно по нескольким параметрам. На рис. N3.4 показан выбор труб с наружным диаметром 219 мм, толщиной стенки 28 мм. На рис. N3.5 выбраны все отводы с рабочей температурой 250 град.

В постпроцессоре результаты (в форме визуализации и сводных таблиц) выдаются только для элементов выбранного фрагмента расчетной схемы (рис. N3.6, N3.7).

### Шаг 1



### Шаг 2

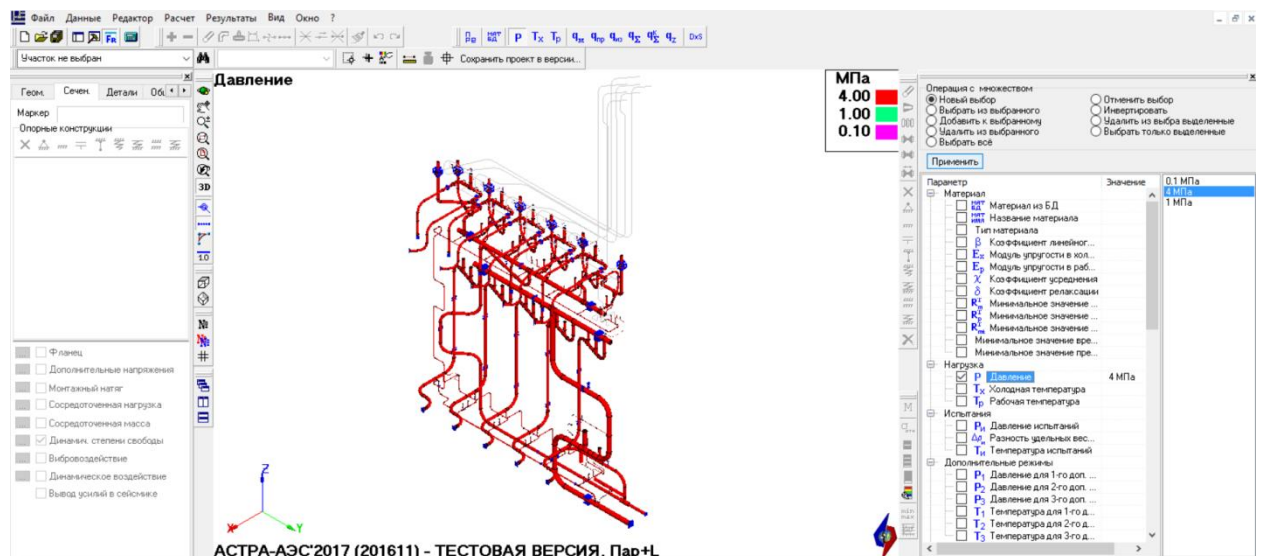
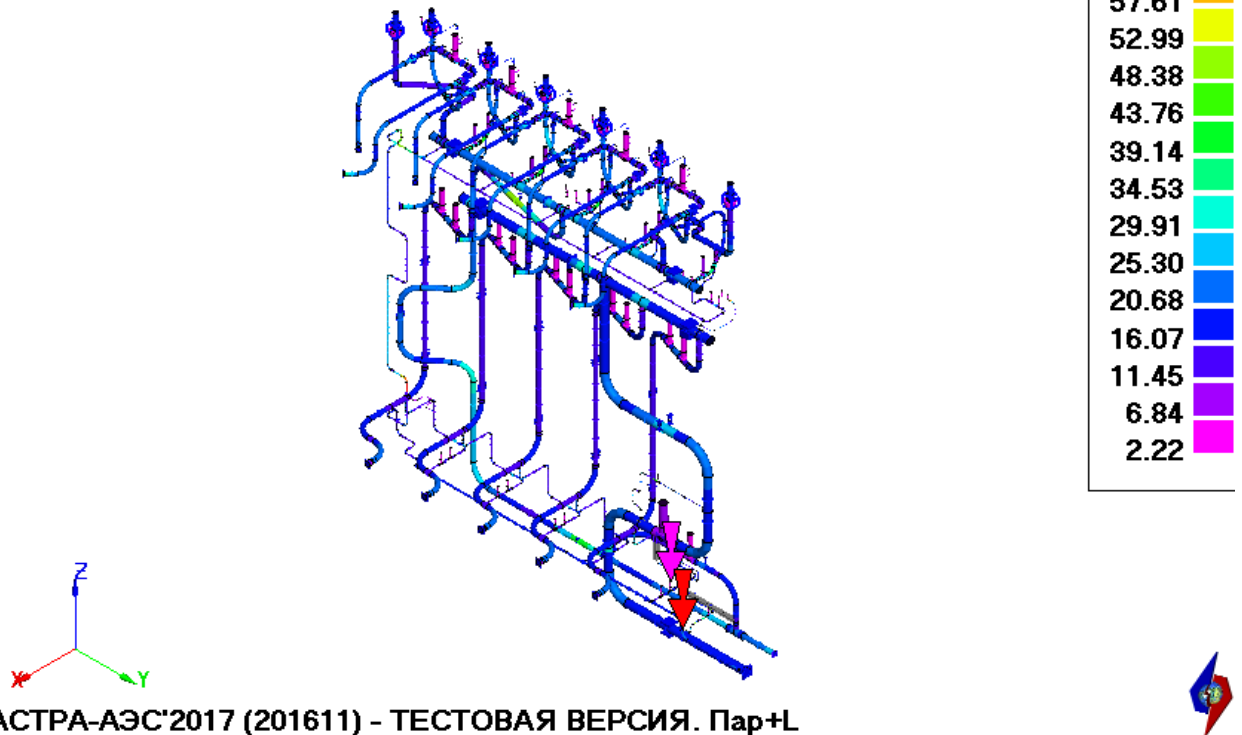


Рис. N3.2. Выбор по величине внутреннего давления

ПОСТ-СТАЦ. Расчётные напряжения (МПа).  
Группа 2. Приведенные напряжения от веса и давления



АСТРА-АЭС'2017 (201611) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ. Пар+L

Рис. N3.3. Вывод напряжений в выбранном фрагменте

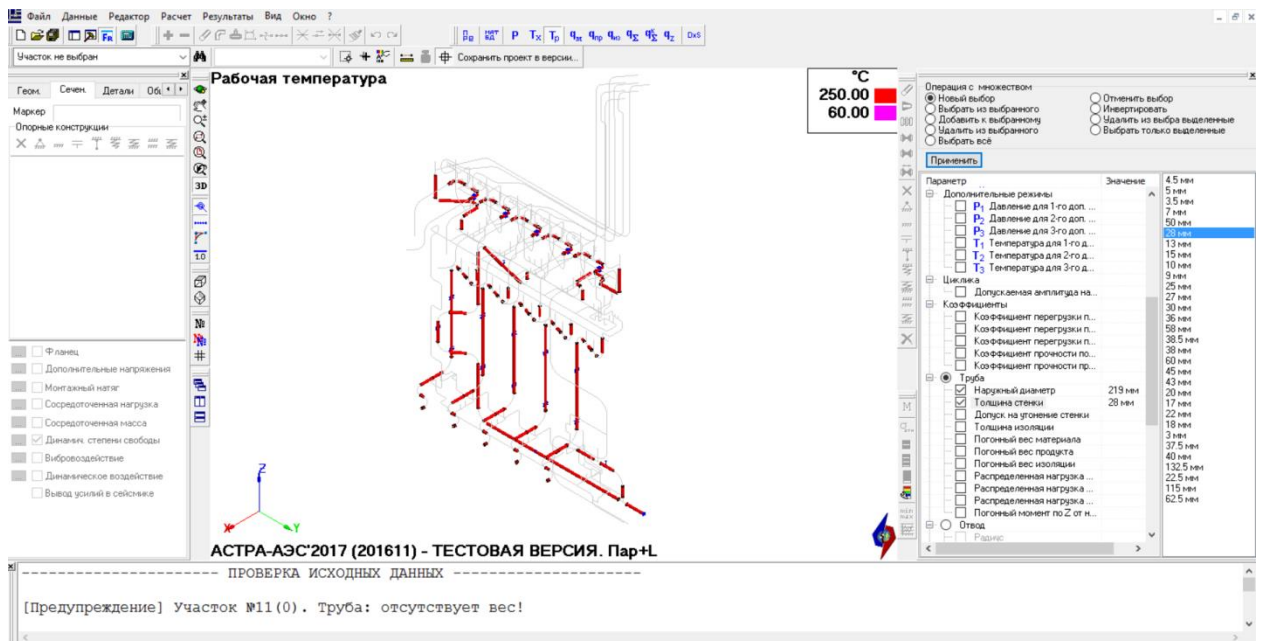


Рис. N3.4. Выбор труб по диаметрам и толщинам стенок

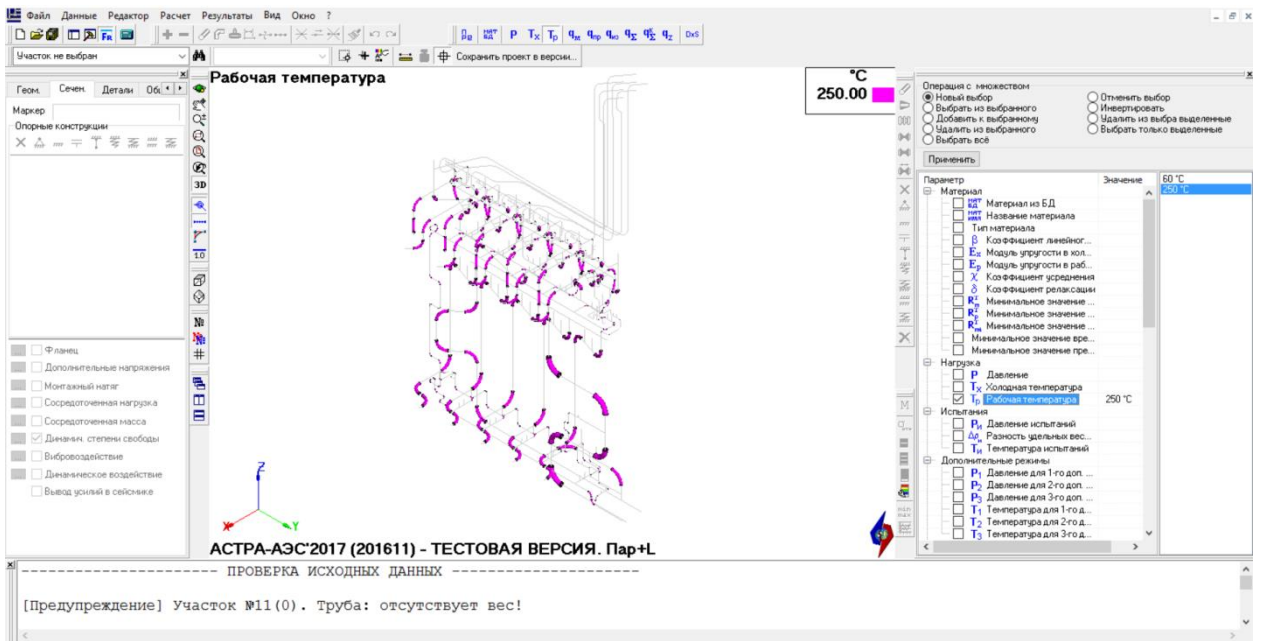


Рис. N3.5. Выбор отводов с заданной рабочей температурой

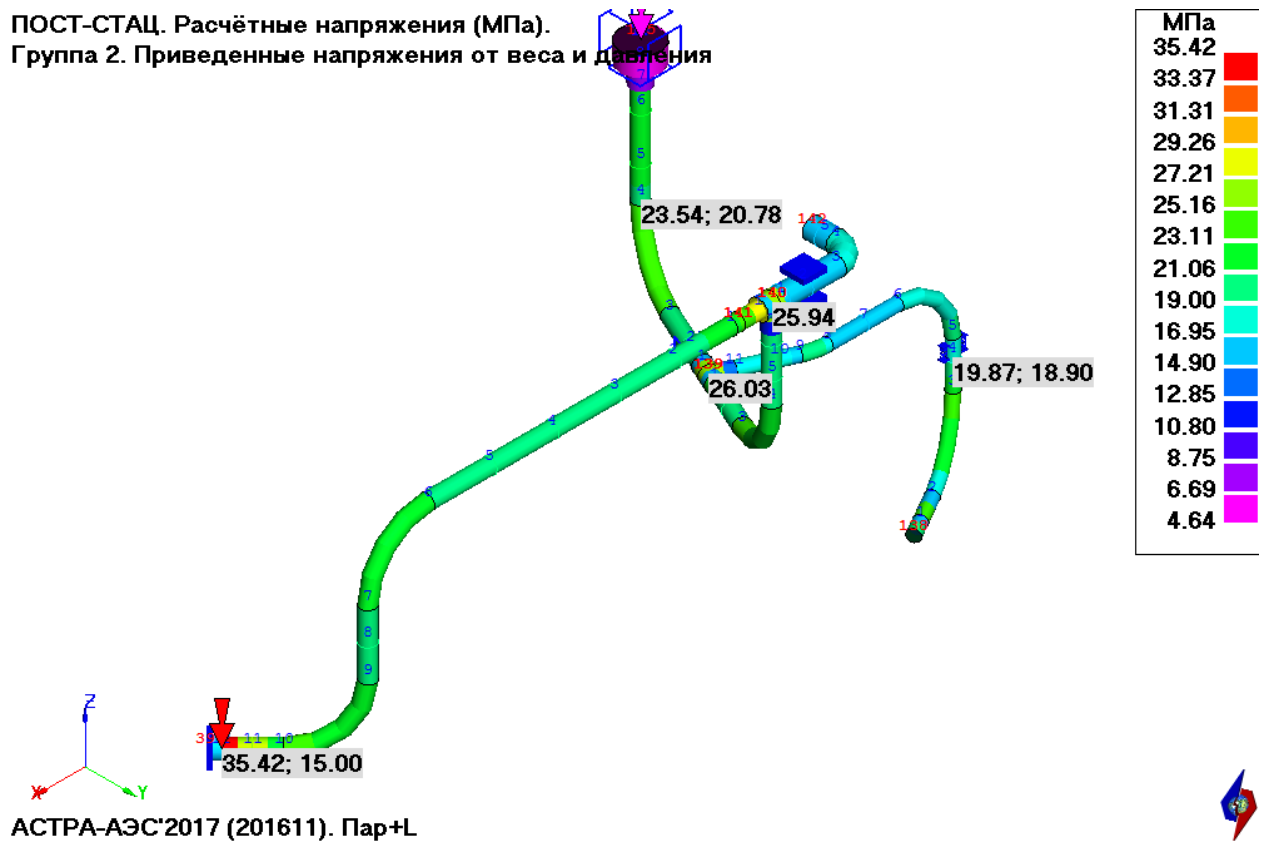


Рис. N3.6. Выбранный фрагмент расчетной схемы

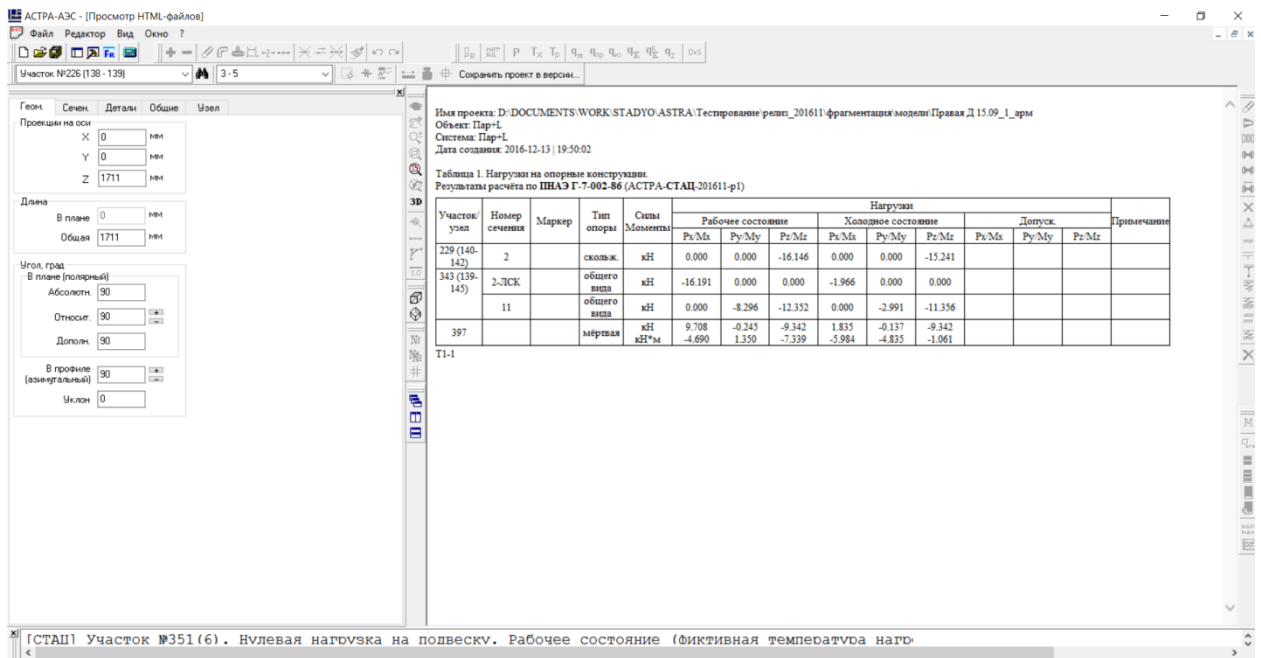


Рис. N3.7. Сводная таблица «Нагрузки на опоры»

## Заключение

В версии 201611 фрагментация представляет значительно более широкие по сравнению с предыдущими версиями возможности по работе с расчетной схемой, позволяя выводить результаты для частей трубопроводной системы с характерными параметрами.



## №4. Реализация возможности задания различных физико-механических и нагрузочных параметров для деталей на участке

В версии 201611 появилась возможность задавать индивидуально для отдельных деталей (трубы, отводы, тройники, некольцевые сечения) параметры, такие как давление, температура, характеристики материала и другие, которые раньше считались участковыми (постоянными по всему участку).

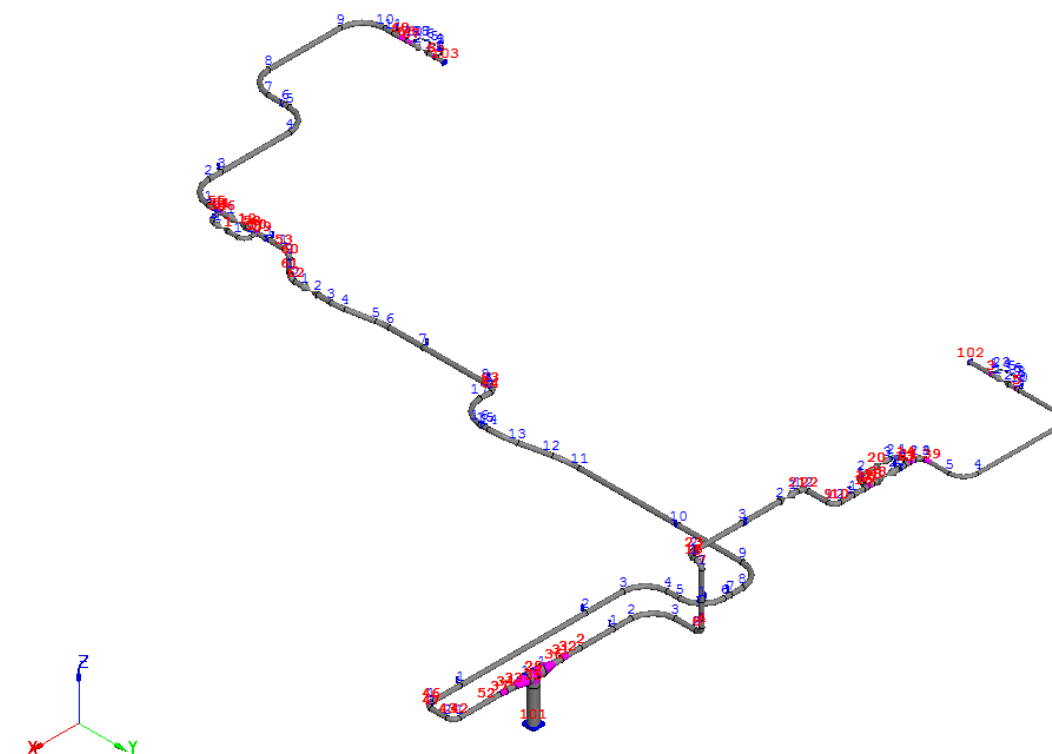
Для верифицирования новой возможности была рассмотрена расчётная схема АСТРА-НОВА, содержащая стыковки двух участков через узел, в связи с различием на этих участках т.н. участковых данных (давления, температуры, материала).

Сравниваются результаты для двух вариантов:

- исходная модель (*модель 1*);
- модель, построенная на основе исходной путём удаления избыточных узлов (*модель 2*). Избыточными считаются узлы, в которых стыкуются 2 участка.

В таблице №4.1 приводятся результаты расчёта по версиям 201605 и 201611. Расчёт по версии 201611 проводился в 2-х вариантах: по исходной модели (2 столбец) и по модели, построенной на основе исходной путём удаления избыточных узлов (3 столбец).

### Исходный трубопровод



АСТРА-ТЭС'2017 (201611) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

Рис. №4.1. Модель с избыточными узлами (модель 1)



Исходный трубопровод

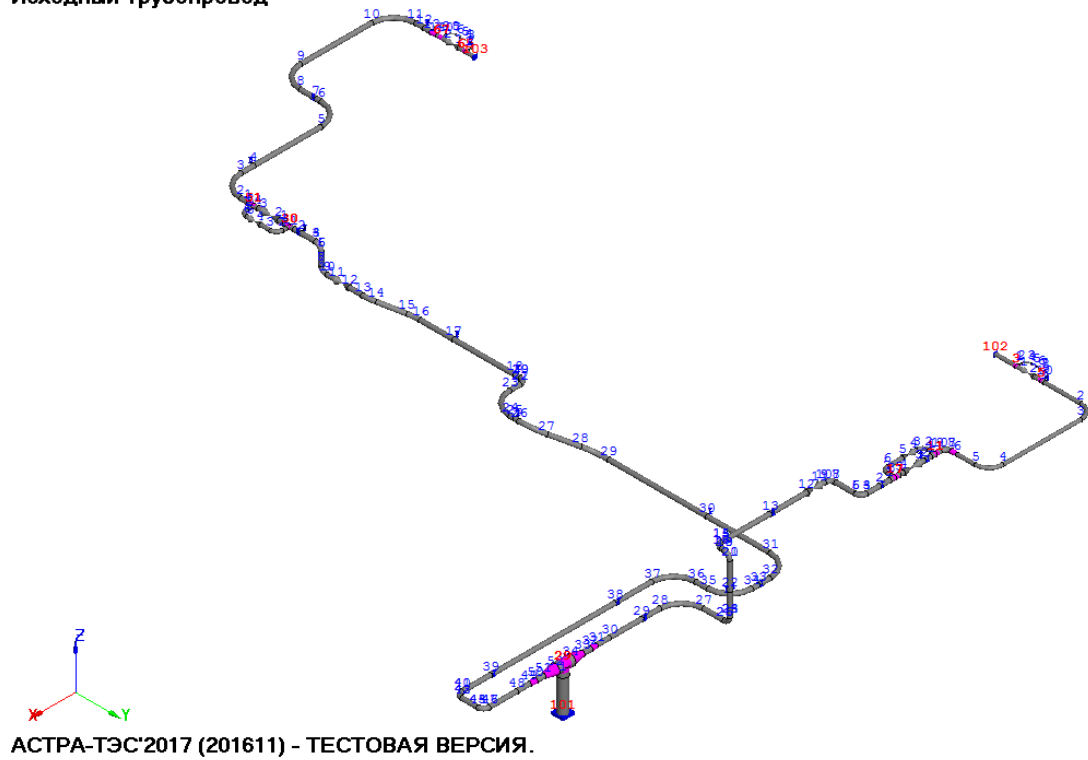


Рис. N4.2. Модель без избыточных узлов (модель 2)

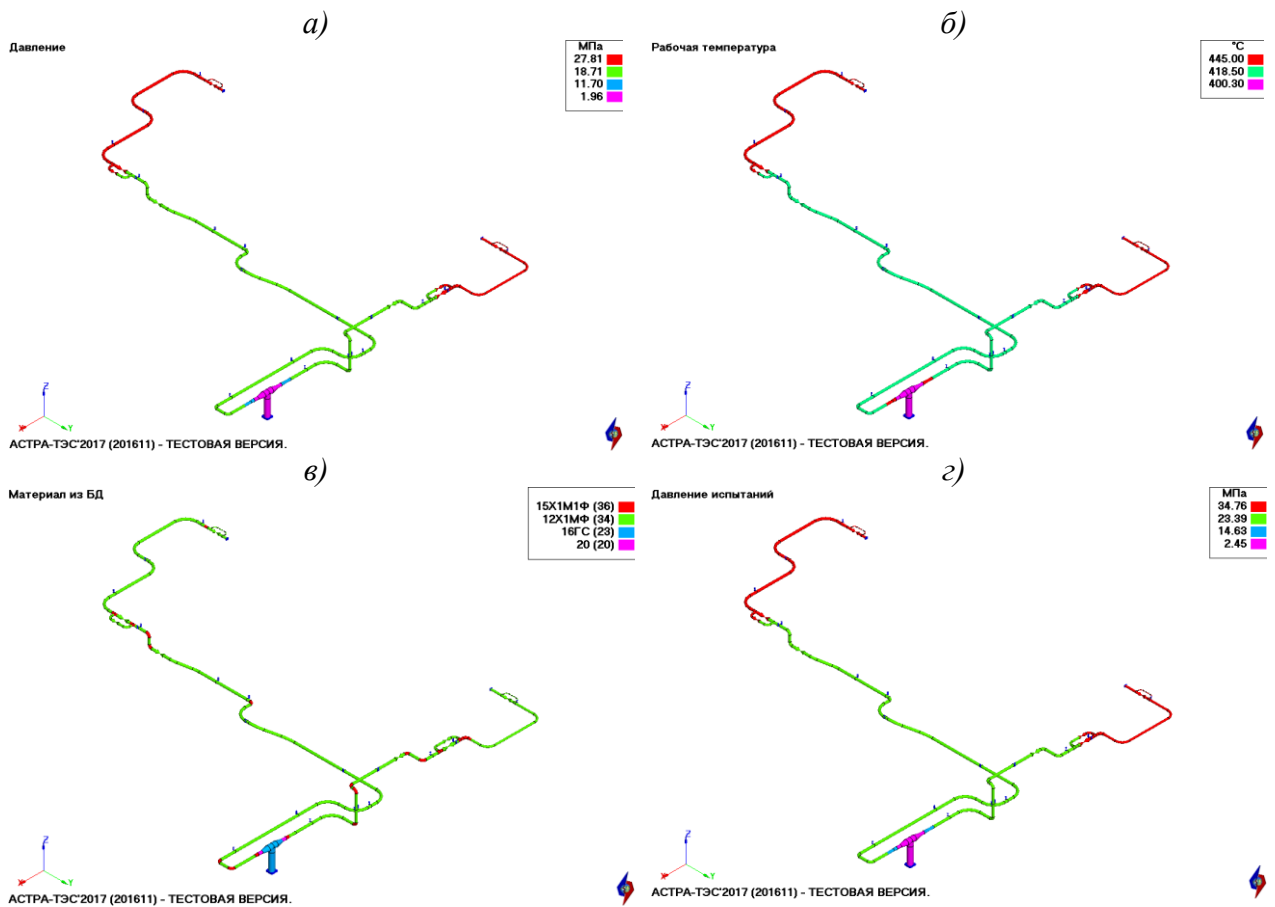
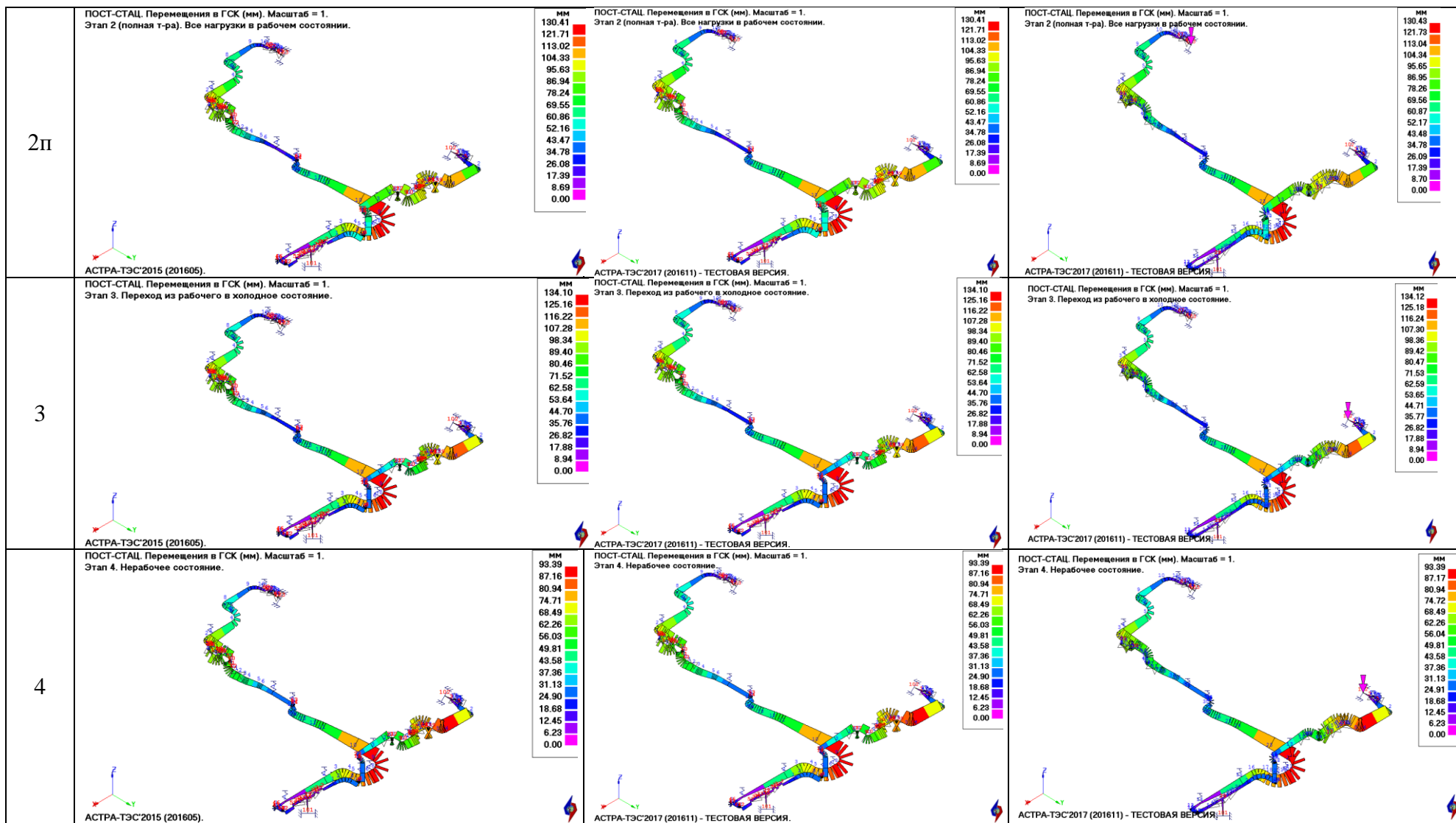
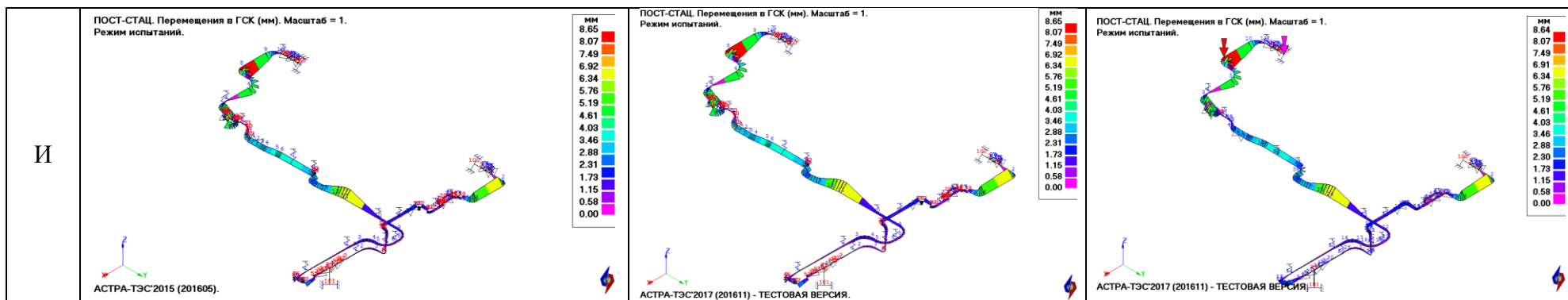


Рис. N4.3. Параметры модели («участковые» данные): (а) рабочее давление; (б) рабочая температура; (в) материал; (г) давление испытаний

Таблица N4.1. Сравнение расчетных перемещений

	Модель 1		Модель 2 (без избыточных узлов)
Этап	Версия 201605	Версия 201611	Версия 201611
1	<p>ПОСТ-СТАЦ. Перемещения в ГСК (мм). Масштаб = 1. Этап 1. Вес и давление в рабочем состоянии.</p> <p>АСТРА-ТЭС'2015 (201605).</p>	<p>ПОСТ-СТАЦ. Перемещения в ГСК (мм). Масштаб = 1. Этап 1. Вес и давление в рабочем состоянии.</p> <p>АСТРА-ТЭС'2017 (201611) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.</p>	<p>ПОСТ-СТАЦ. Перемещения в ГСК (мм). Масштаб = 1. Этап 1. Вес и давление в рабочем состоянии.</p> <p>АСТРА-ТЭС'2017 (201611) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.</p>
2φ	<p>ПОСТ-СТАЦ. Перемещения в ГСК (мм). Масштаб = 1. Этап 2 (фигурная т-ра). Все нагрузки в рабочем состоянии.</p> <p>АСТРА-ТЭС'2015 (201605).</p>	<p>ПОСТ-СТАЦ. Перемещения в ГСК (мм). Масштаб = 1. Этап 2 (фигурная т-ра). Все нагрузки в рабочем состоянии.</p> <p>АСТРА-ТЭС'2017 (201611) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.</p>	<p>ПОСТ-СТАЦ. Перемещения в ГСК (мм). Масштаб = 1. Этап 2 (фигурная т-ра). Все нагрузки в рабочем состоянии.</p> <p>АСТРА-ТЭС'2017 (201611) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.</p>



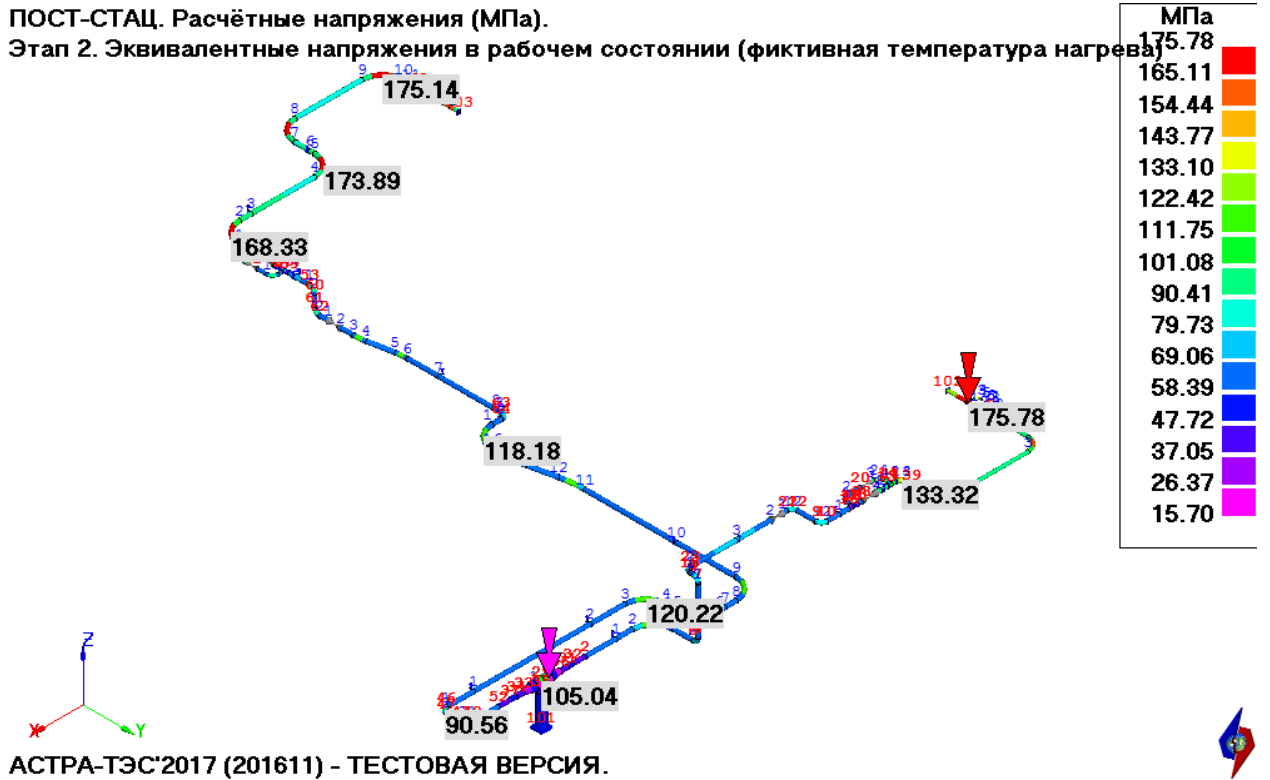


Примечание.

Обозначения в таблице: 2ф – этап 2 при фиктивной температуре, 2п – этап 2 при полной температуре, И – режим испытаний.

### Модель 1

ПОСТ-СТАЦ. Расчётные напряжения (МПа).  
 Этап 2. Эквивалентные напряжения в рабочем состоянии (фиктивная температура нагрева)



### Модель 2 (без избыточных узлов)

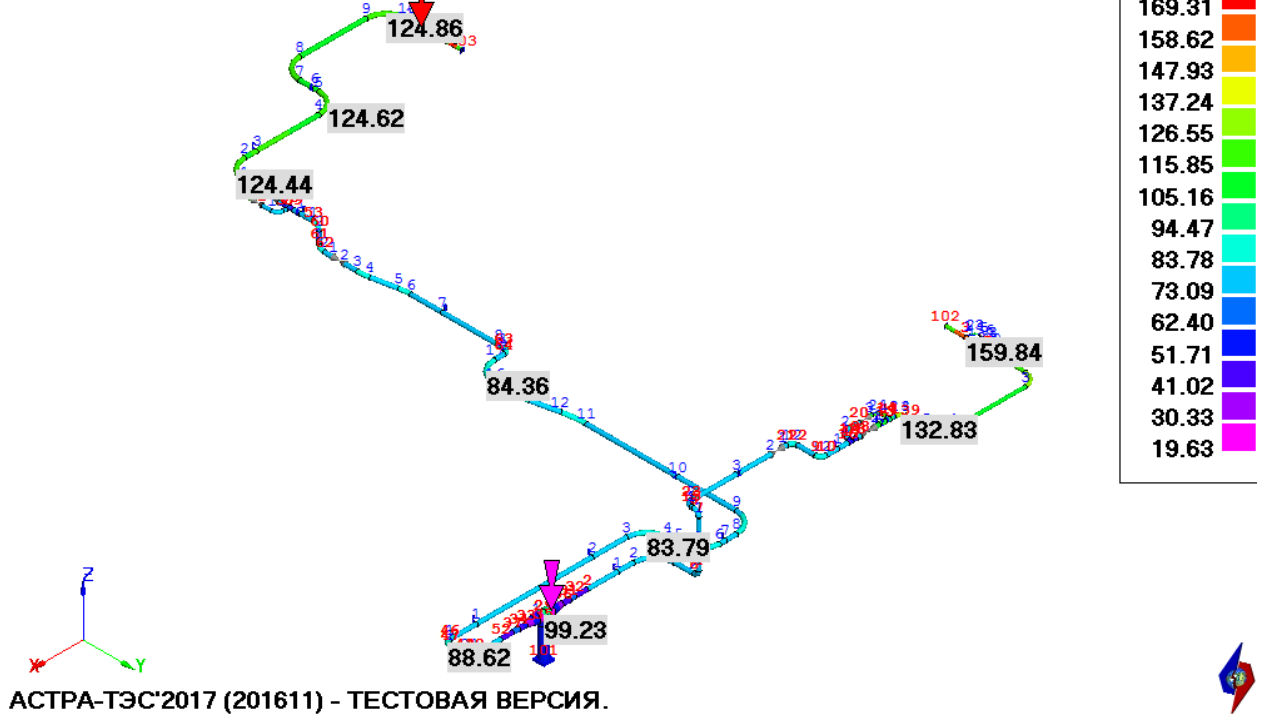
ПОСТ-СТАЦ. Расчётные напряжения (МПа).  
 Этап 2. Эквивалентные напряжения в рабочем состоянии (фиктивная температура нагрева)



Рис. N4.4. Напряжения на этапе 2, МПа. Версия 201611

# Модель 1

ПОСТ-СТАЦ. Расчётные напряжения (МПа).  
Испытания. Приведенные напряжения от веса и давления



# Модель 2 (без избыточных узлов)

ПОСТ-СТАЦ. Расчётные напряжения (МПа).  
Испытания. Приведенные напряжения от веса и давления

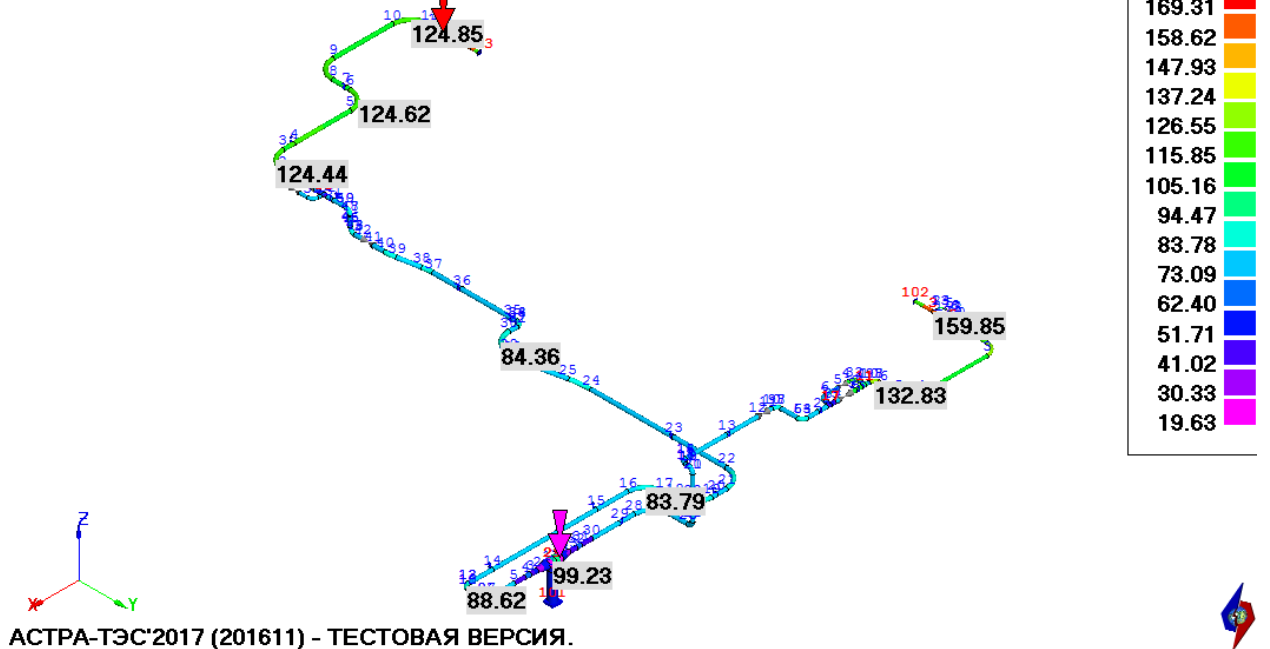


Рис. N4.5. Напряжения для режима испытаний, МПа. Версия 201611

## **Заключение**

1. Результаты расчёта по версии 201605 и 201611 для одинаковых моделей совпадают.
2. Для моделей с различным разбиением на суперэлементы (участки) отмечено расхождение в результатах (табл. N4.1, рис. N4.4, N4.5) на 0.015% (этап 2, полная температура). Это расхождение связано с изменением разбивки на суперэлементы (участки), а не погрешностями при распространении участковых данных на детали, входящие в участок.

## N5. Реализация тройника как отдельной детали с возможностью задания параметров на тройник, без участия примыкающих участков

В версии 201611 для тройников заданных как отдельная деталь (редактор -> вставить деталь -> тройник) (рис. N5.1) могут быть заданы отличающиеся от примыкающих труб параметры такие, как давление, температура, характеристики материала. Примеры показаны на рисунках N5.2 – 5.4.

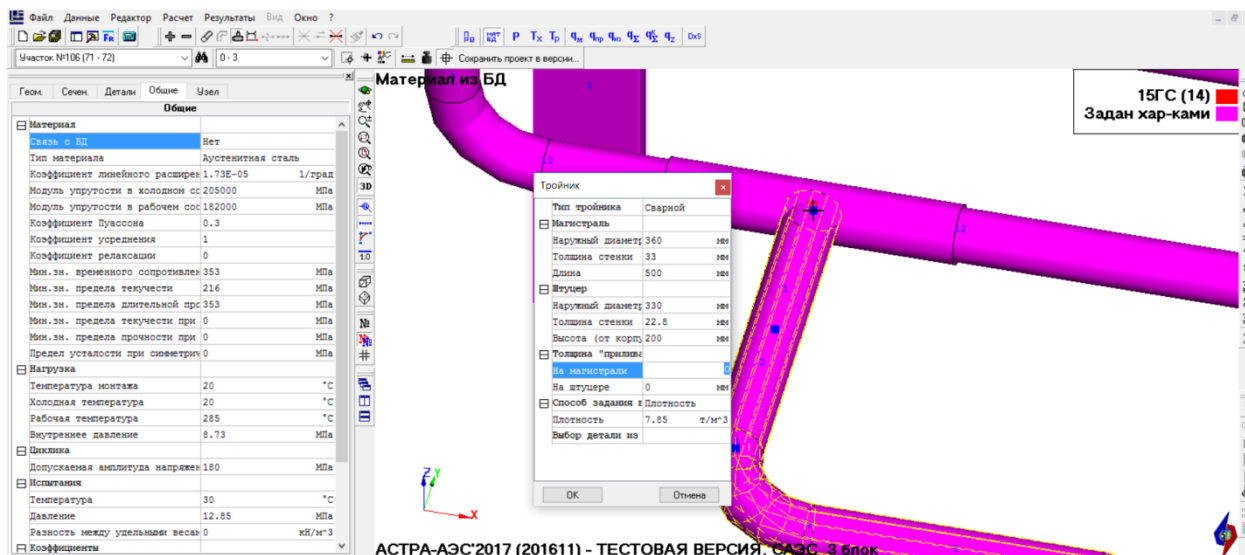


Рис. N5.1. Задание тройника как детали



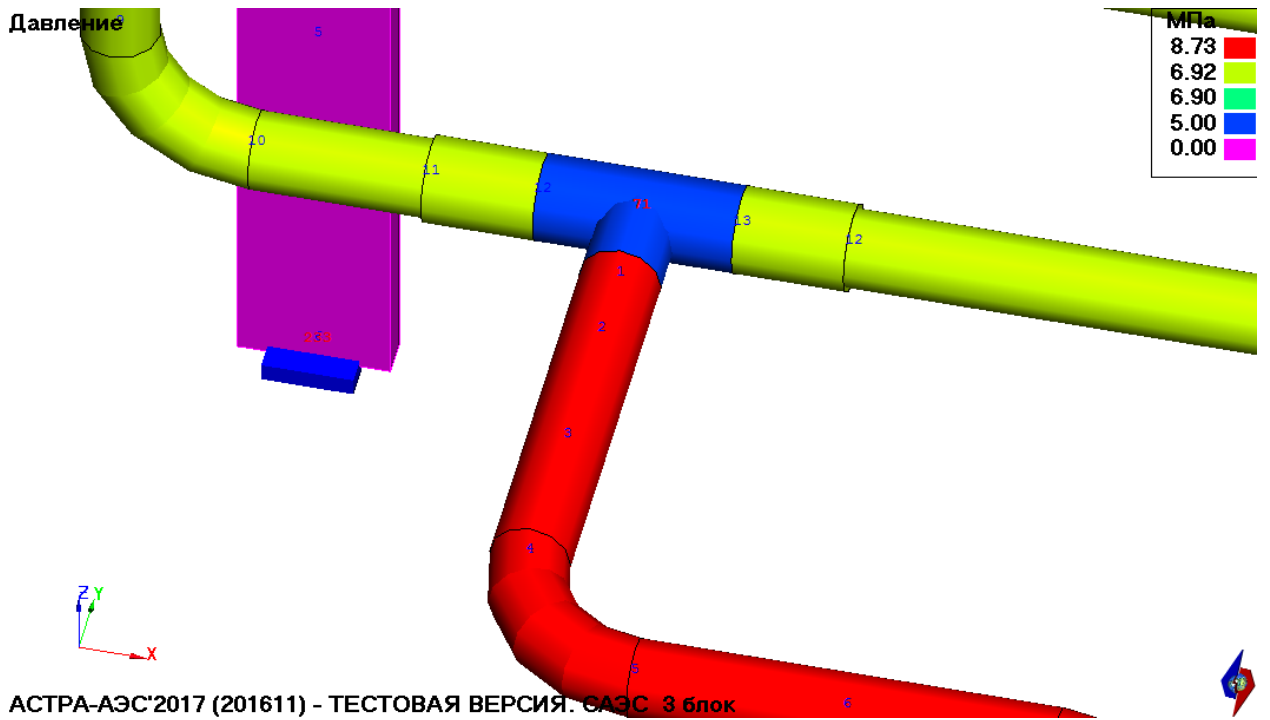


Рис. N5.2. Давления в схеме, МПа

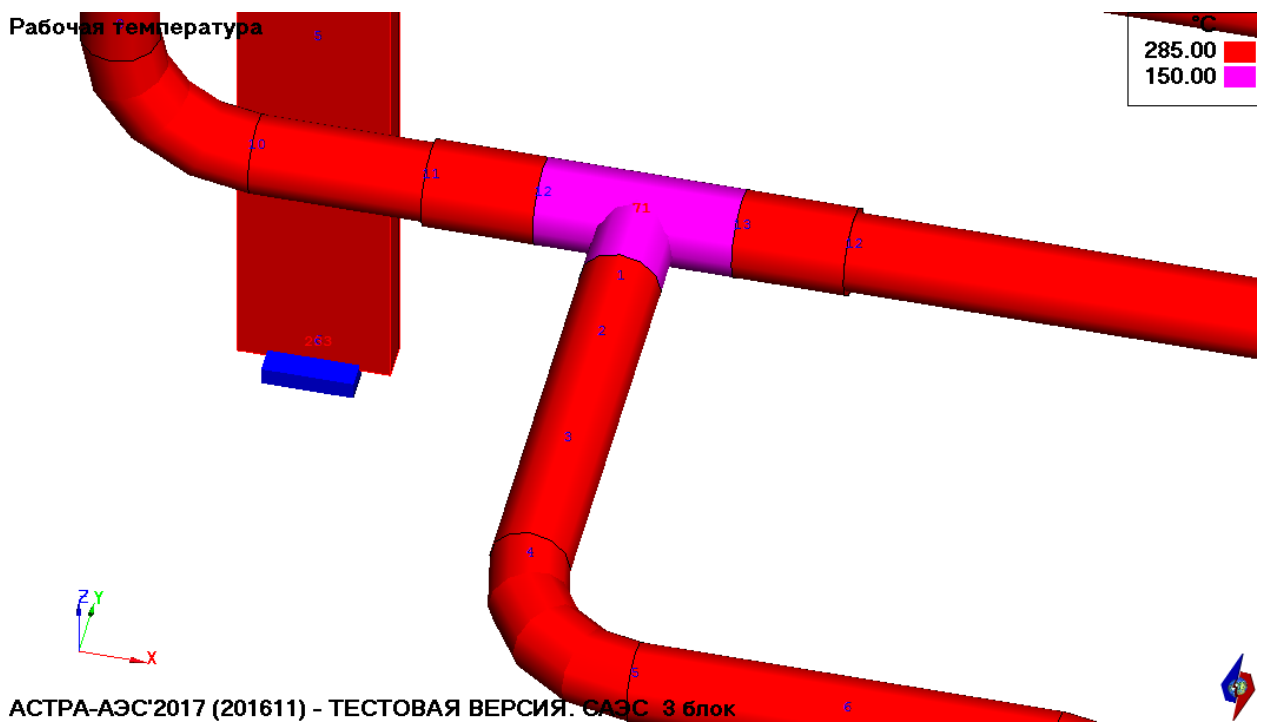


Рис. N5.3. Рабочие температуры в схеме, град.

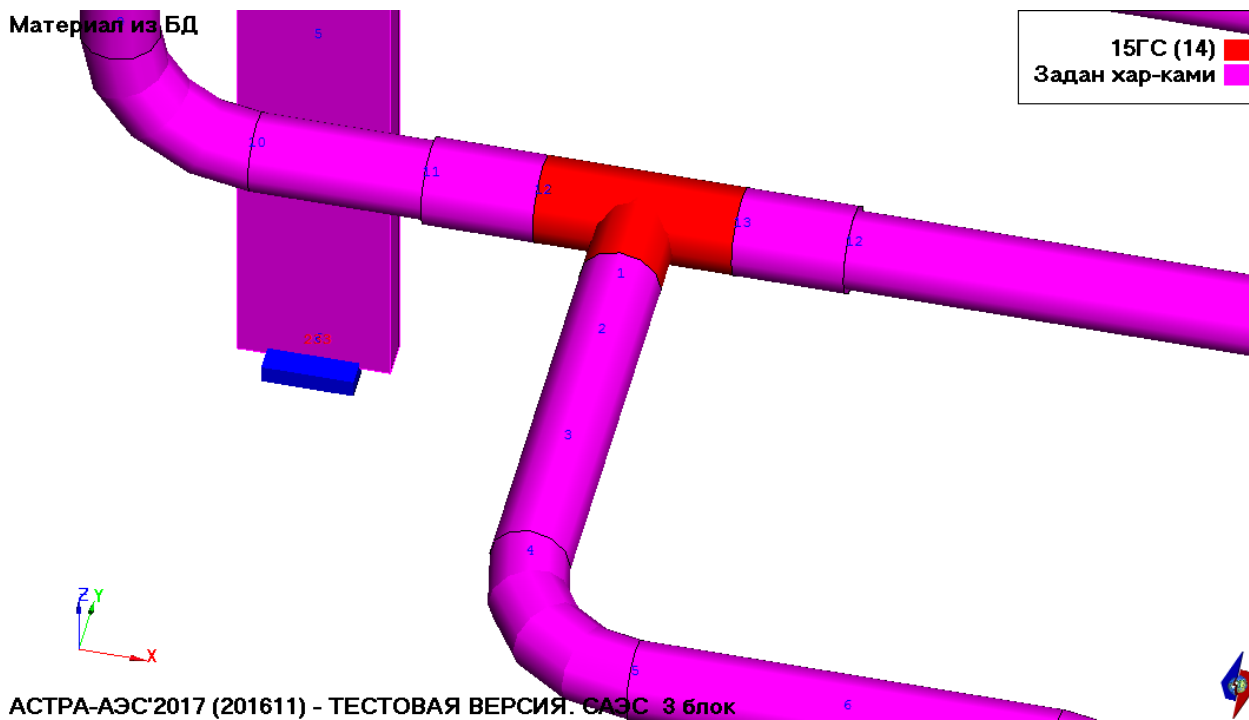


Рис. N5.4. Материалы

*Корректность копирования и удаления.*

Тройник-деталь может быть удален с помощью опции «Редактор->удалить деталь» (рис. N5.5). При копировании фрагмента, содержащего тройники-детали, все заданные на них параметры сохраняются (рис. N5.6 – 5.8).

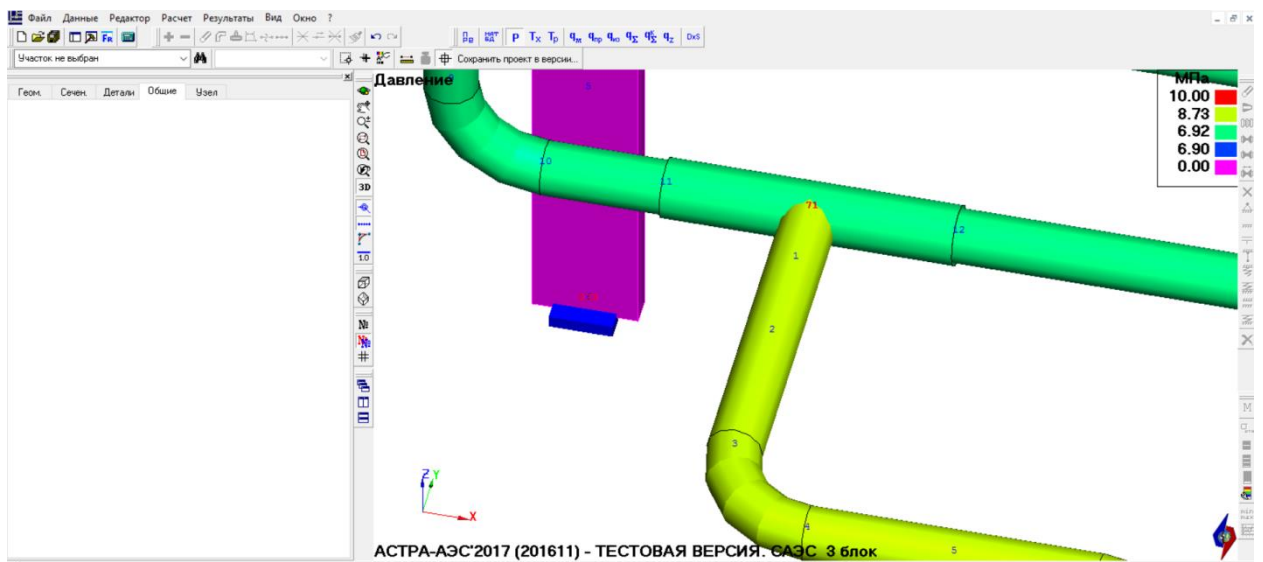
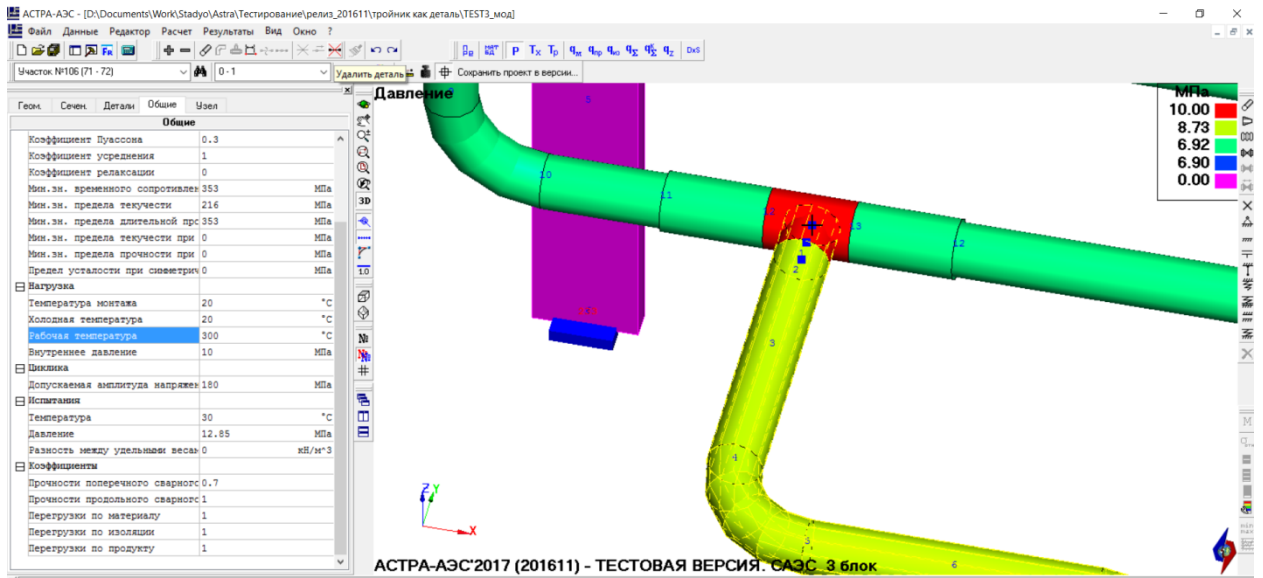


Рис. N5.5. Удаление тройника-детали

### Материал из БД

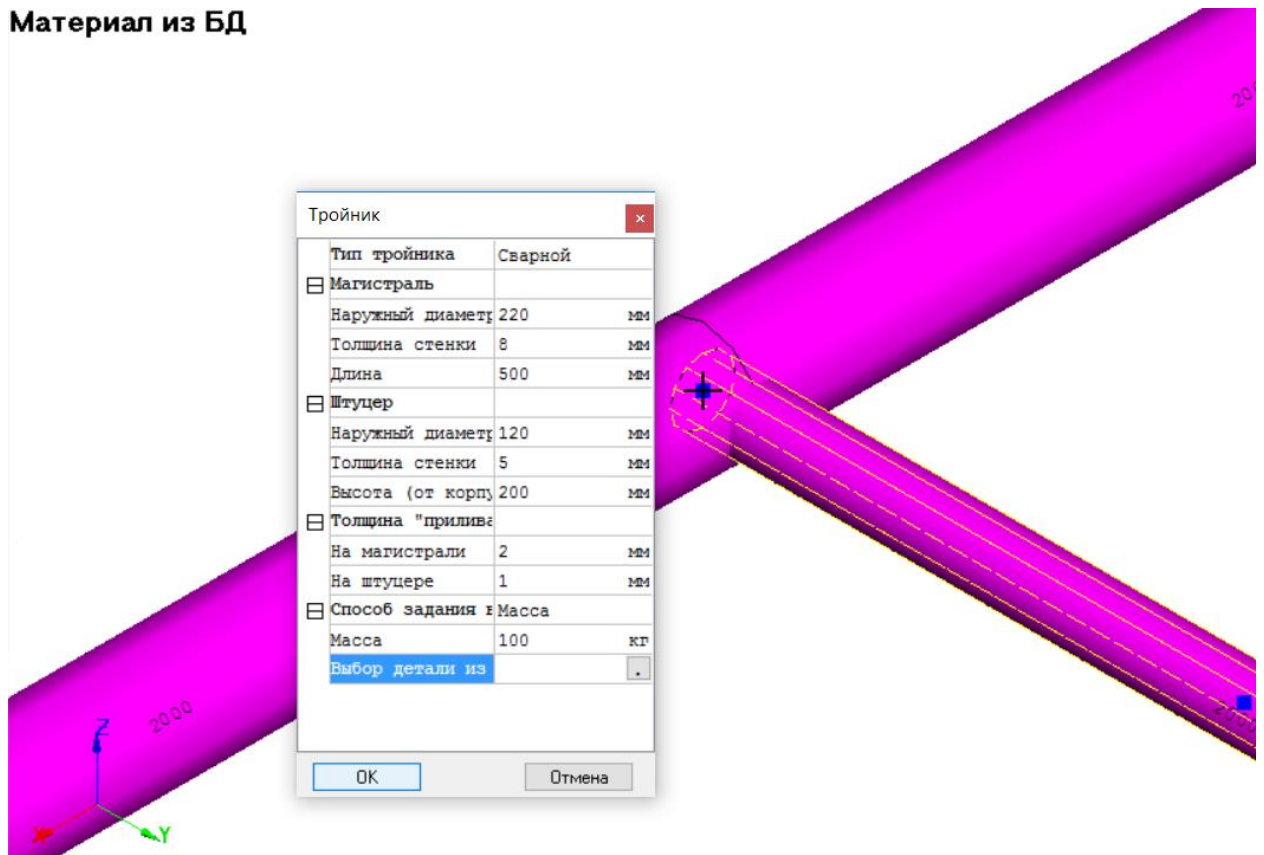
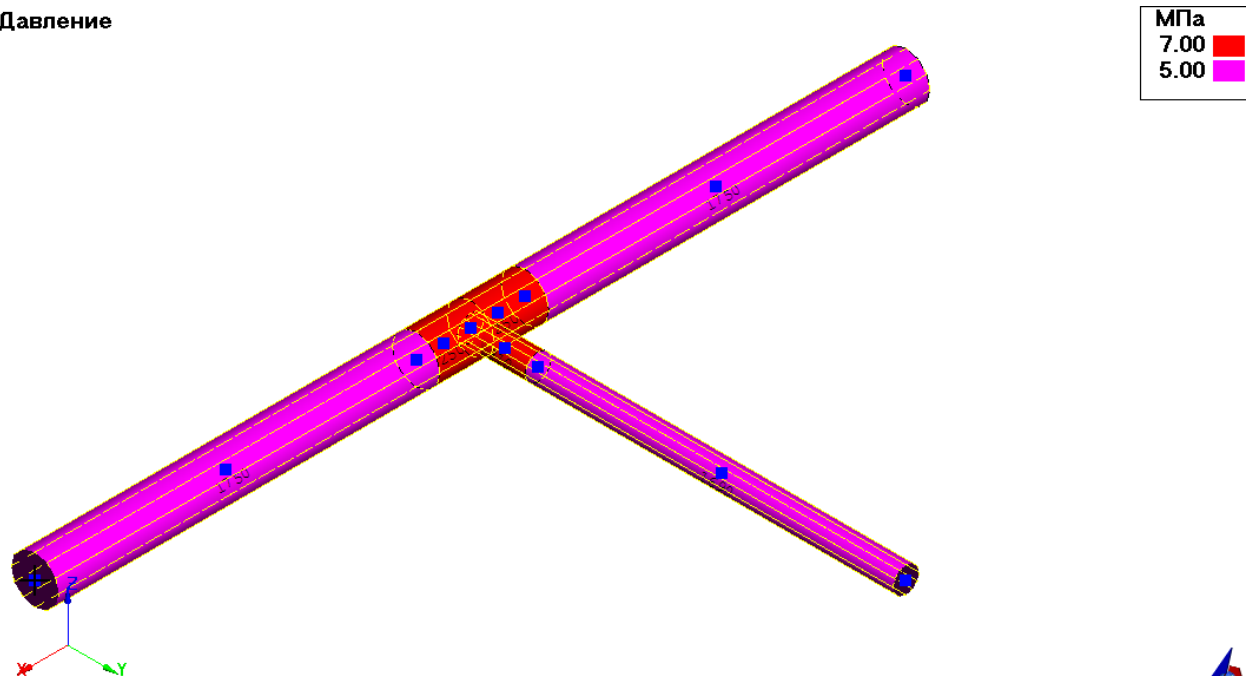


Рис. N5.6. Параметры тройника

### Давление



АСТРА-АЭС'2017 (201611) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

Рис. N5.7. Копирование фрагмента с тройником-деталью

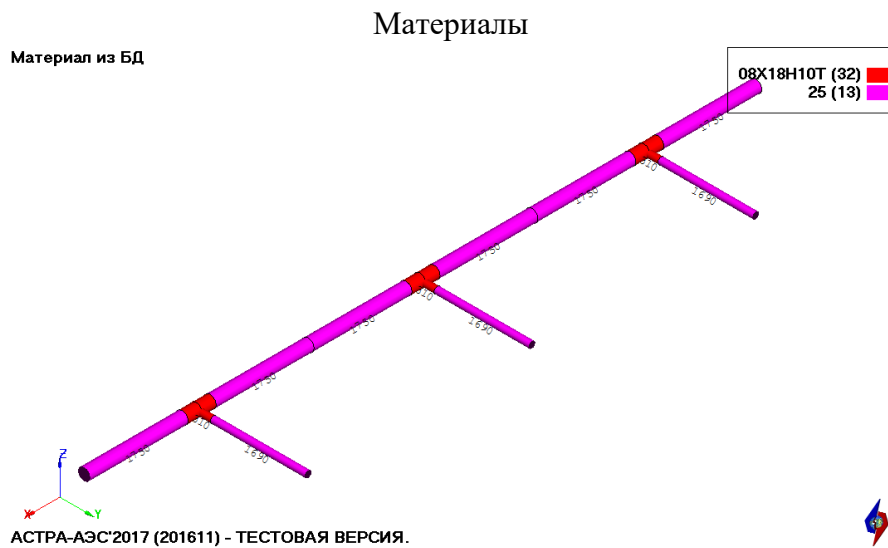
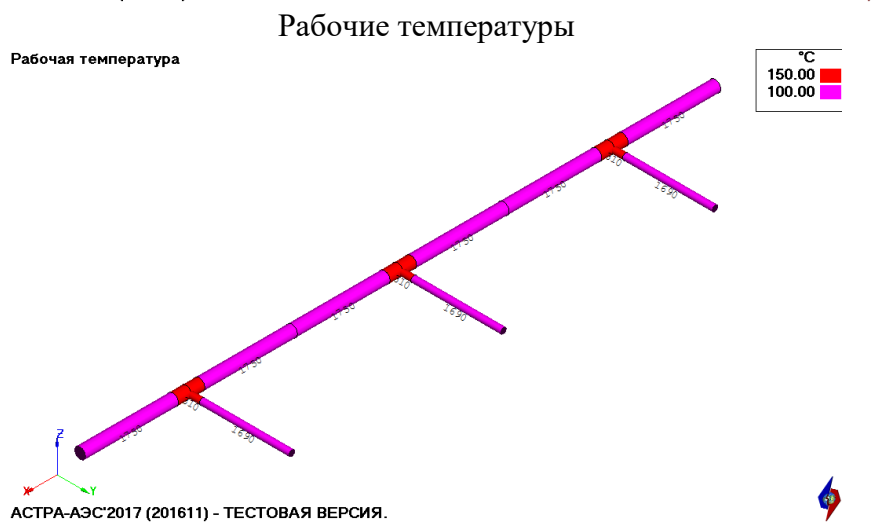
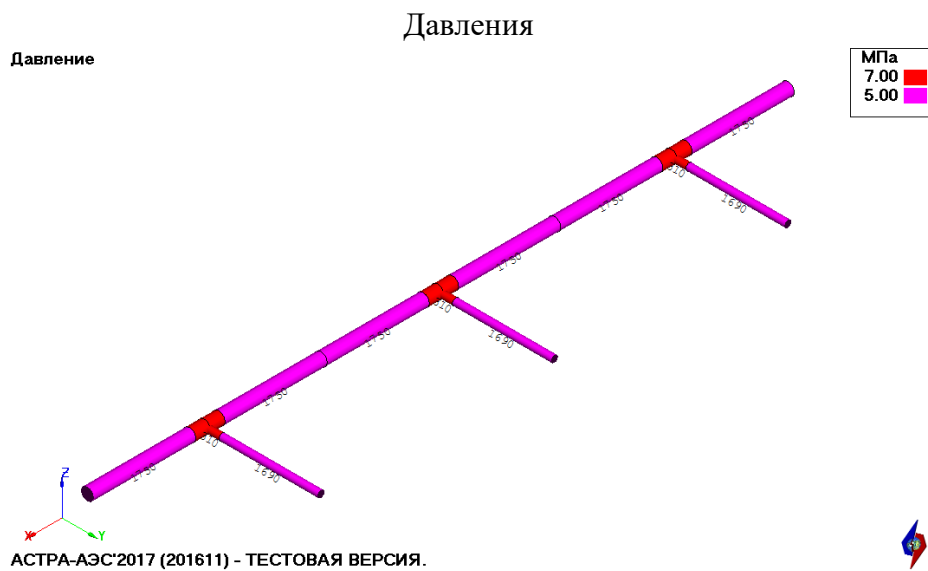


Рис. N5.8. Копирование фрагмента с тройником-деталью

## №6. Реализация положений и формул по оценке прочности новых нормативных документов ГОСТ Р 55989-2014, ГОСТ Р 55990-2014

В версии 201611 был реализован расчет по нормативным документам:

- ГОСТ Р 55989-2014 Магистральные газопроводы. Нормы проектирования на давление свыше 10 МПа. Основные требования;
- ГОСТ Р 55990-2014 Месторождения нефтяные и газонефтяные. Промысловые трубопроводы. Нормы проектирования.

Существенными особенностями этих нормативных документов является наличие в них рекомендаций по расчету на общую устойчивость участков газопроводов в грунте и местную устойчивость (устойчивость формы поперечных сечений). Ниже рассмотрены примеры данных видов расчета.

### №6.1. Расчет на общую устойчивость

Рассматривается магистральный газопровод содержащий участки в грунте (рис. №6.1.1). Проводится расчет ГОСТ Р 55990-2014. Результат расчета на общую устойчивость (продольные усилия) показан на рис. №6.1.3, а также в сводной таблице №6.1.2.

Исходными данными, специфичными для расчета на общую устойчивость, являются радиус кривизны оси трубопровода, коэффициент запаса общей устойчивости, коэффициент учета высоты засыпки, также должны быть заданы параметры бесканальной прокладки трубопровода в грунте.

Результат расчета на общую устойчивость представляет собой значения расчетных продольных усилий (рис. №6.1.3а), допускаемых продольных усилий (табл. №6.1.2) и отношение расчетных усилий к допускаемым (рис. №6.1.3б), которое должно быть меньше 1 для выполнения критерия устойчивости.

Наличие грунта

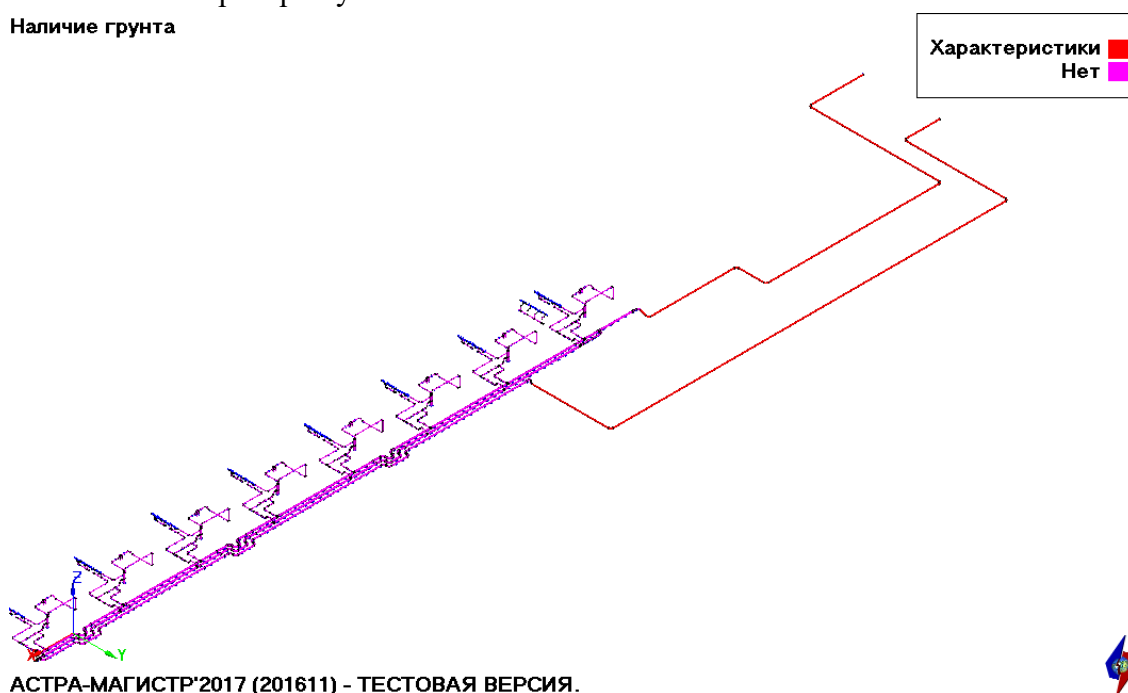
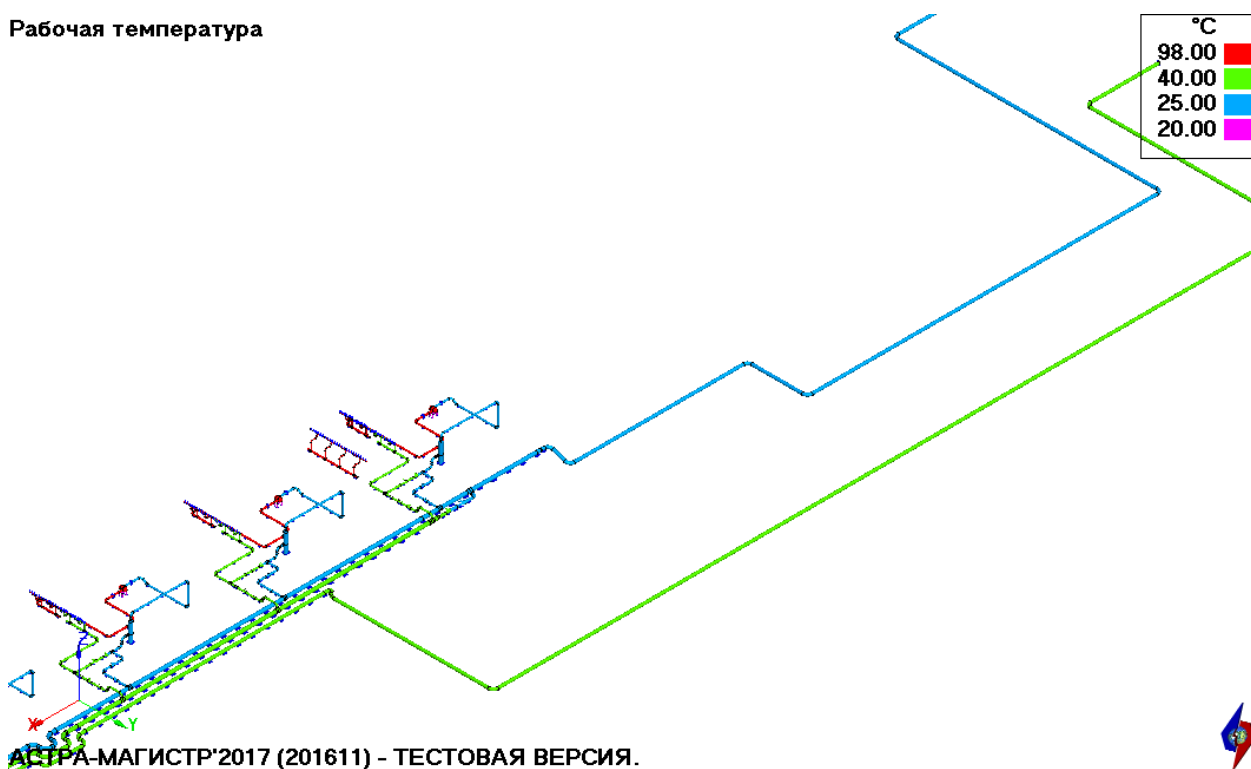


Рис. №6.1.1. Расчетная схема



Рабочая температура



АСИРА-МАГИСТР'2017 (201611) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

Рис. №6.1.2. Рабочая температура

Таблица №6.1.1. Параметры анализируемой детали

Наружный диаметр D, м	1.22
Толщина стенки трубы t, м	28e-3
Суммарный погонный вес трубы w, МН/м	11.484e-3
Глубина засыпки H, м	2.1
Радиус кривизны оси трубопровода $\rho_0$ , м	500
Коэффициент запаса общей устойчивости $k_{u.b.}$	1.3
Плотность грунта, т/м <sup>3</sup>	1.52
Удельный вес грунта засыпки $\gamma$ , МН/м <sup>3</sup>	9.81 · 1.52e-3
Коэффициент учета высоты засыпки для песчаных грунтов $k_{h.s.}$	0.1

Рассмотрим сечение 69 на участке №24 (20-830). Параметры рассматриваемой детали приведены в таблице №6.1.1.

По формуле (12.38) ГОСТ Р 55990-2014 допускаемая продольная сила при расчете на общую устойчивость определяется как

$$[P] = \frac{1}{k_{u.b.}} N_{cr} = \frac{1}{1.3} 10.463 = 8.04846 \text{ МН} = 8048.5 \text{ кН},$$

где критическое продольное усилие

$$N_{cr} = 0.372 \cdot q^* \cdot \rho_0 = 0.372 \cdot 0.0562 \cdot 500 = 10.463 \text{ МН/м}.$$

Предельное погонное сопротивление перемещениям трубопровода вверх

$$q^* = w + q_s^* = 11.484 \cdot 10^{-3} + 44.770 \cdot 10^{-3} = 56.254 \cdot 10^{-3} \text{ МН/м}.$$

w – погонный вес трубопровода,  $q_s^*$  – предельная несущая способность грунта при выпучивании трубопровода, для песчаного грунта

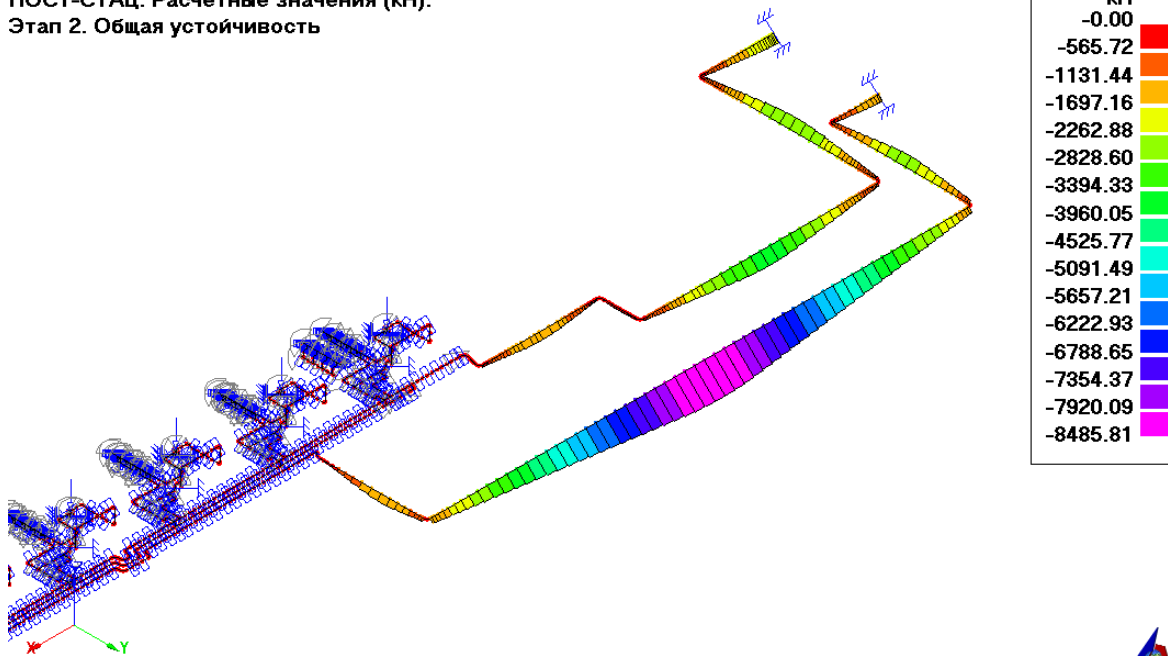


$$q_s^* = \gamma \cdot H \cdot D \cdot \left(1 + k_{H.s.} \frac{H}{D}\right) = 14.91 \cdot 10^{-3} \cdot 2.1 \cdot 1.22 \cdot \left(1 + 0.1 \frac{2.1}{1.22}\right) = 44.770 \text{ МН/м.}$$

Вычисленное по формулам ГОСТ значение допустимой продольной силы 8048.5 кН для рассматриваемой детали практически совпадает с используемым в программе значением 8049.8 кН (см. табл. №6.1.2).

а) Расчетные значения продольных усилий

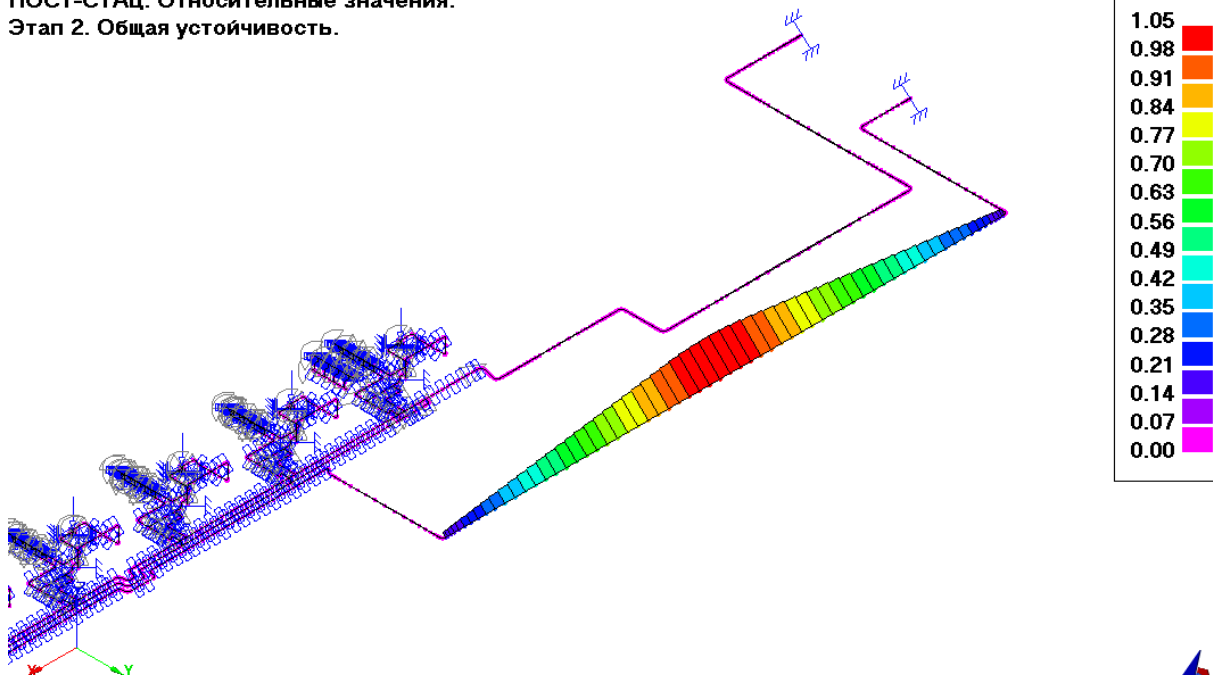
ПОСТ-СТАЦ. Расчётные значения (кН).  
Этап 2. Общая устойчивость



АСТРА-МАГИСТР'2017 (201611) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

б) Относительные значения (отношение расчетных усилий к допустимым)

ПОСТ-СТАЦ. Относительные значения.  
Этап 2. Общая устойчивость.




АСТРА-МАГИСТР'2017 (201611) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

Рис. №6.1.3. Результаты расчета на общую устойчивость

Таблица №6.1.2. Максимальные напряжения в прямых трубах

Участок	Сечение/ элемент	D x S, мм	Маркер	Напряжения, МПа									
				Этап 2. Кольцевые напряжения		Этап 2. Продольные напряжения		Этап 2. Эквивалентные напряжения		Этап 2. Общая устойчивость, кН		Этап 2. Местная устойчивость, безразм.	
				Расч.	Допуск.	Расч.	Допуск.	Расч.	Допуск.	Расч.	Допуск.	Расч.	Допуск.
17 (31-32)	1	1420 x 32		<b>221.9</b>	<b>217.8</b>	0.0	288.0	192.6	432.0	0.0		0.000	
24 (20-830)	69	1220 x 28		217.9	217.8	<b>230.8</b>	<b>288.0</b>	<b>388.6</b>	<b>432.0</b>	<b>-8485.8</b>	<b>-8049.8</b>	0.349	0.826
1 (1-831)	0	1220 x 28	вход газа	108.9	217.8	33.3	288.0	128.9	432.0	-2151.7	-117474.8	<b>0.349</b>	<b>0.874</b>
2 (30-31)	1	1420 x 32		<b>221.9</b>	<b>217.8</b>	0.0	288.0	192.4	432.0	0.0		0.000	1.000
24 (20-830)	50	1220 x 28		217.9	217.8	182.1	288.0	346.8	432.0	-3353.2	-8049.8	0.349	0.853
1 (1-831)	173	1220 x 28		108.9	217.8	0.0	288.0	99.0	432.0	-112.7	-117474.8	0.000	
24 (20-830)	38	1220 x 28		217.9	217.8	216.3	288.0	376.0	432.0	-1306.8	-8049.8	0.000	

Примечание: жирным шрифтом выделены максимальные значения по соответствующей группе

 Расчётное напряжение превышает допускаемое

## №6.2. Расчет на местную устойчивость

Исходными данными, специфичными для расчета на местную устойчивость (устойчивость формы сечений), являются предельно допускаемая изгибная деформация, начальная овальность сечений труб.

Результат расчета на местную устойчивость представляет собой отношение предельно допустимой изгибной деформации к критической продольной деформации только при изгибе трубопровода  $\varepsilon_b/\varepsilon_{1cr}$  (рис. №6.2.1а), параметр овальности сечений труб  $\theta^*$  (табл. №6.2.2), коэффициенты использования  $(\varepsilon_b/\varepsilon_{1cr})/\theta^*$  (рис. №6.2.1б).

Рассматривается расчетная схема из п. №6.1. Для расчета местной устойчивости для детали 38-101 на участке №24(20-830) заданы следующие параметры:

- предельно допускаемая изгибная деформация  $\varepsilon_b = 4e-3$ ;
- начальная овальность сечений труб  $\theta_0 = 2\%$ .

Параметры рассматриваемой детали приведены в табл. №6.2.1. Результаты расчета на местную устойчивость показаны на рис. №6.2.1 и в табл. №6.2.2 (колонка «Этап 2. Местная устойчивость, безразм»).

Таблица №6.2.1. Параметры анализируемой детали

Наружный диаметр D, м	1.22
Толщина стенки трубы t, м	28e-3
Нормативный предел текучести материала труб $\sigma_y$ , МПа	480
Модуль упругости $E_0$ , МПа	2.06e5
Коэффициент Пуассона $\mu_0$	0.3
Предельно допускаемая изгибная деформация $\varepsilon_b$	4e-3
Начальная овальность сечений труб $\theta_0$ , %	2

Согласно формуле (Д.1) ГОСТ Р 55990-2014 критерием обеспечения местной устойчивости является выполнение условия:

$$\frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_{1cr}} \leq \theta^*.$$

Критическая продольная деформация только при изгибе

$$\varepsilon_{1cr} = \frac{t}{2D} = \frac{0.028}{2 \cdot 1.22} = 0.011475.$$

Отношение

$$\frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_{1cr}} = \frac{0.004}{0.011475} = 0.3485.$$

Параметр овальности сечений труб

$$\theta^* = \sqrt{\frac{1 + (\sigma_{cr}^*)^2}{1 + (\sigma_{cr}^*/f)^2}} = \sqrt{\frac{1 + (0.37142)^2}{1 + (0.37142/0.45499)^2}} = 0.82637.$$

$$f = \sqrt{1 + \left(\frac{(\theta_0/100)D}{t}\right)^2} - \frac{(\theta_0/100)D}{t} = \sqrt{1 + \left(\frac{(2/100)1.22}{0.028}\right)^2} - \frac{(2/100)1.22}{0.028} = 0.45499.$$

Параметр критического напряжения

$$\sigma_{cr}^* = \frac{\sigma_{cr}}{\psi_N \sigma_y} = \frac{119.2401}{0.66883 \cdot 480} = 0.37142.$$

Критическое напряжение в цилиндрической оболочке при действии наружного давления (напряжение коллапса)

$$\sigma_{cr} = \frac{E_0}{1 - \mu_0^2} \left( \frac{t}{D} \right)^2 = \frac{206000}{1 - 0.3^2} \left( \frac{0.028}{1.22} \right)^2 = 119.2401 \text{ МПа.}$$

Понижающий коэффициент, учитывающий влияние продольной силы

$$\psi_N = \sqrt{1 - \frac{3}{4} \left( \frac{\sigma_N}{\sigma_y} \right)^2} - \frac{1}{2} \frac{\sigma_N}{\sigma_y} = \sqrt{1 - \frac{3}{4} \left( \frac{230.76}{480} \right)^2} - \frac{1}{2} \frac{230.76}{480} = 0.668833,$$

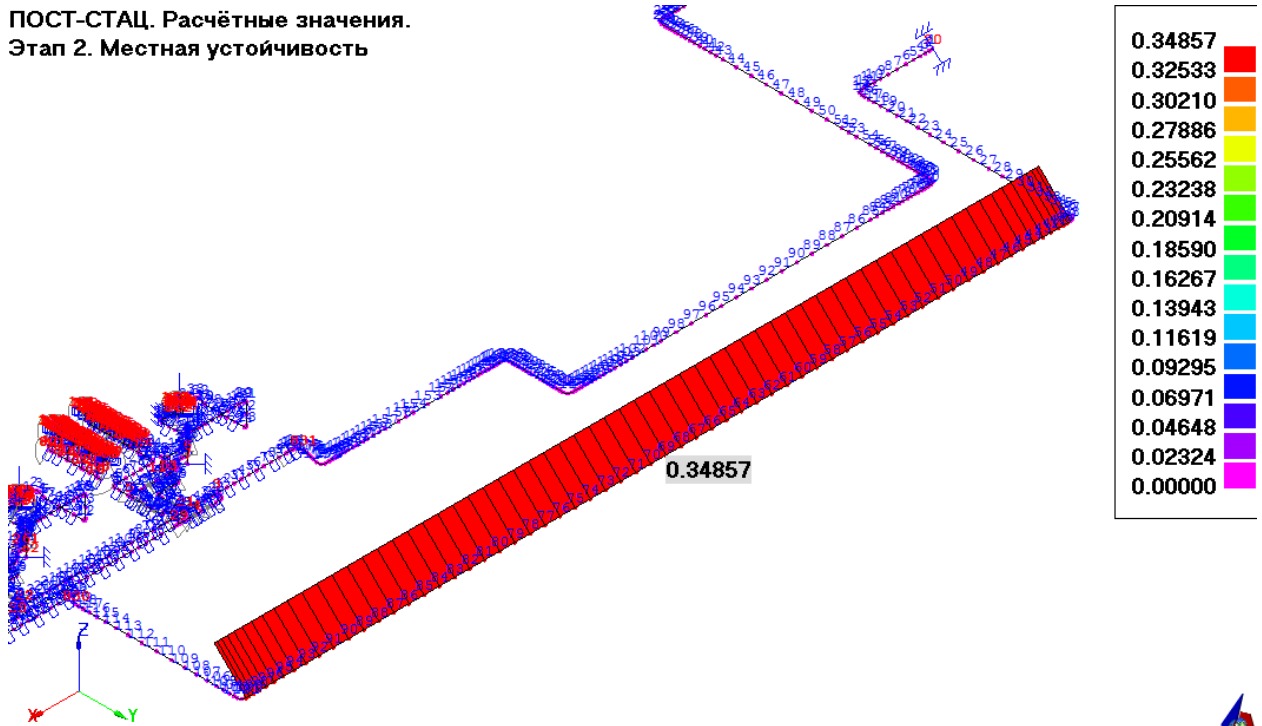
где  $\sigma_N$  – осевое сжимающее продольное напряжение, по расчету (рис. №6.2.2) в сечении 69 на участке №24(20-830)  $\sigma_N = 230.76$  МПа.

Вычисленные по формулам ГОСТ значения  $\varepsilon_b/\varepsilon_{1cr} = 0.3485$  и  $\theta^* = 0.82637$  для сечения 69 (участок №24) практически совпадают (незначительное отличие можно объяснить ошибками округления) с полученными в АСТРА-НОВА результатами:

- отношение  $\varepsilon_b/\varepsilon_{1cr}$  выводится как расчетное напряжение на этапе 2 (местная устойчивость) (рис. №6.2.1, табл. №6.2.2);
- параметр овальности  $\theta^*$  выдается в таблице напряжений как допускаемое значение на этапе 2 (местная устойчивость).

а) Расчетные значения

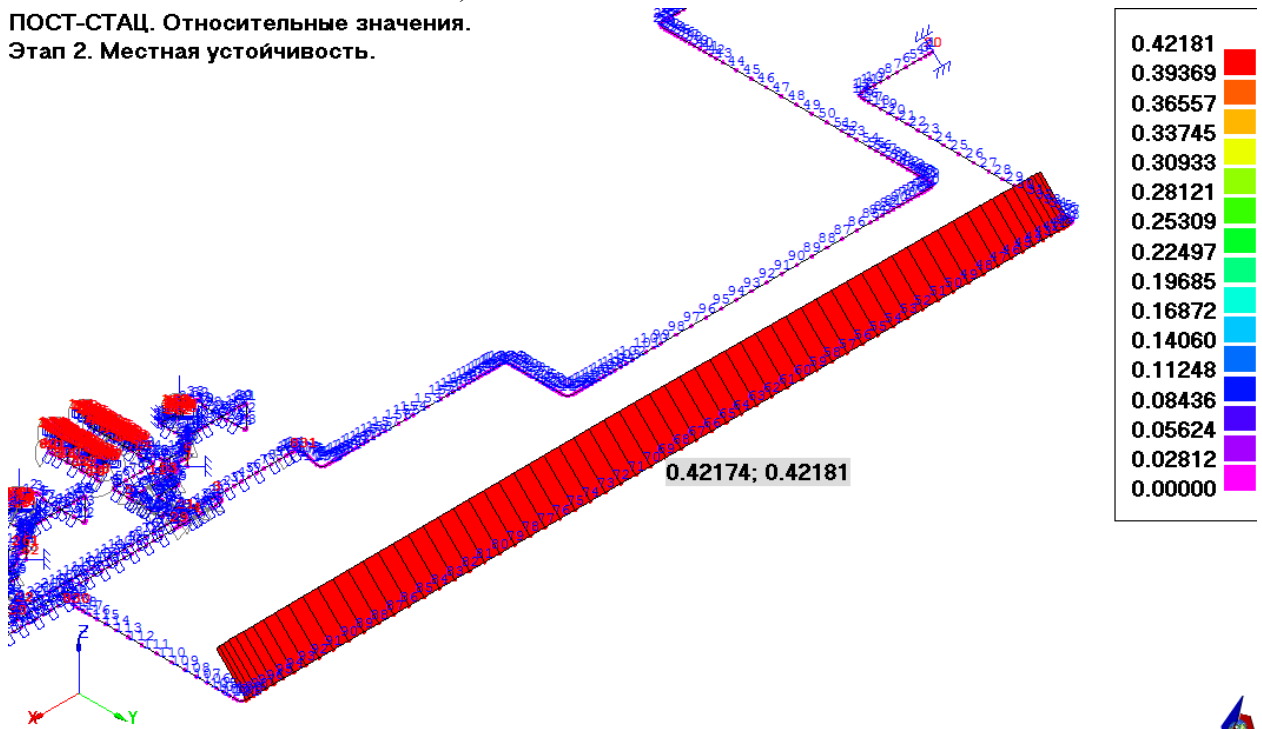
ПОСТ-СТАЦ. Расчётные значения.  
Этап 2. Местная устойчивость



АСТРА-МАГИСТР'2017 (201611) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

б) Относительные значения

ПОСТ-СТАЦ. Относительные значения.  
Этап 2. Местная устойчивость.



АСТРА-МАГИСТР'2017 (201611) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

Рис. №6.2.1. Результаты расчета на местную устойчивость

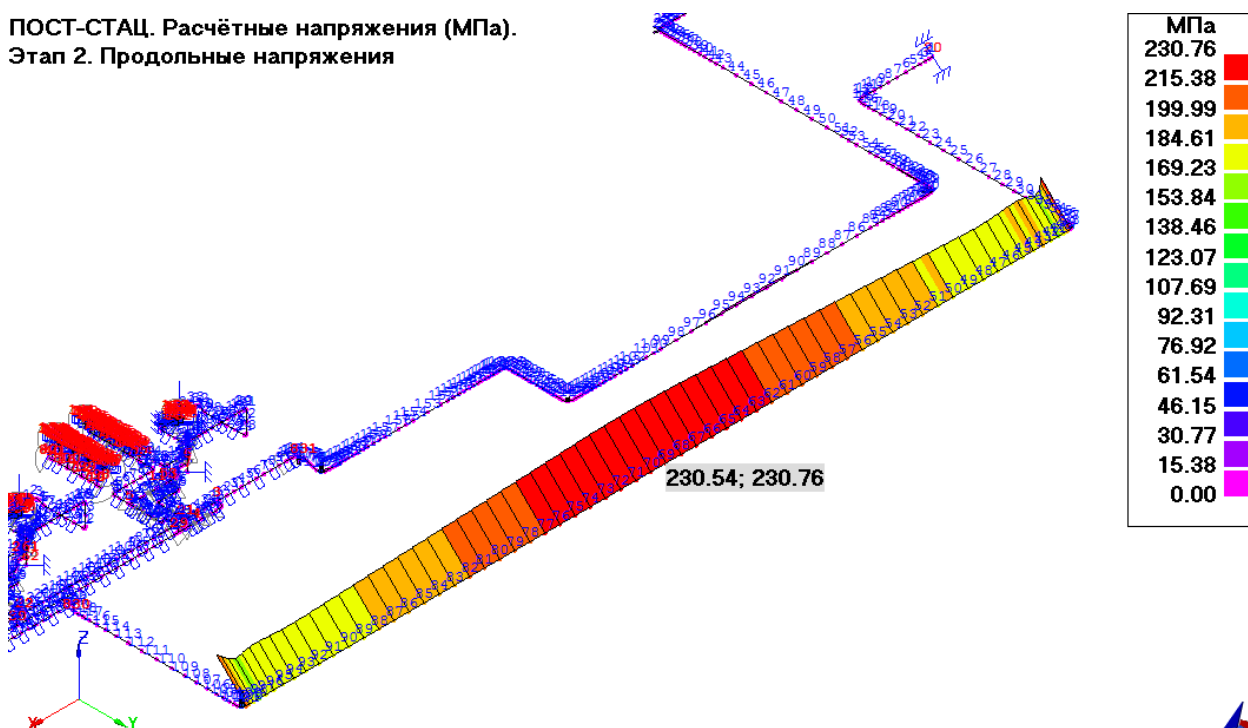
Таблица №6.2.2. Максимальные напряжения в прямых трубах

Участок	Сечение/ элемент	D x S, мм	Напряжения, МПа					
			Этап 2. Продольные напряжения		Этап 2. Общая устойчивость, кН		Этап 2. Местная устойчивость, безразм.	
			Расч.	Допуск.	Расч.	Допуск.	Расч.	Допуск.
2 (30-31)	1	1420 x	0.0	288.0	0.0		0.000	
24 (20-830)	69	1220 x	<b>230.8</b>	<b>288.0</b>	<b>-8485.8</b>	<b>-8049.8</b>	0.349	0.826
24 (20-830)	38	1220 x	216.3	288.0	-1306.8	-8049.8	<b>0.349</b>	<b>0.874</b>
1 (1-831)	0	1220 x	33.3	288.0	-2151.7	-117474.8	0.000	1.000
24 (20-830)	50	1220 x	182.1	288.0	-3353.2	-8049.8	0.349	0.853
1 (1-831)	173	1220 x	0.0	288.0	-112.7	-117474.8	0.000	

Примечание: жирным шрифтом выделены максимальные значения по соответствующей группе

  Расчётное напряжение превышает допусковое

ПОСТ-СТАЦ. Расчётные напряжения (МПа).  
Этап 2. Продольные напряжения



АСТРА-МАГИСТР'2017 (201611) - ТЕСТОВАЯ ВЕРСИЯ.

Рис. №6.2.2. Продольные напряжения на этапе 2, МПа

## **N7. Добавление новой таблицы исходных данных**

В версии 201611 была введен новый формат для таблицы исходных данных. Современная таблица «Исходные данные» содержит:

- сведения о программе АСТРА-НОВА'2017 (рис. N7.1);
- общие данные расчетной схемы включая количественные данные по числу основных деталей (трубы, отводы, тройники и др.) (рис. N7.2);
- параметры деталей по участкам, включая типоразмеры, нагрузки, коэффициенты, характеристики материала (рис. N7.3). Параметры, сохраняющие свои значения на последующих деталях в схеме, не выводятся;
- данные по узловым деталям и опорам (рис. N7.4, N7.5);
- сведения по динамическим степеням свободы в расчетной схеме с указанием направления, по которым они заданы (рис. N7.6);
- координаты всех сечений по участкам расчетной схемы относительно начального узла участка (рис. N7.7).

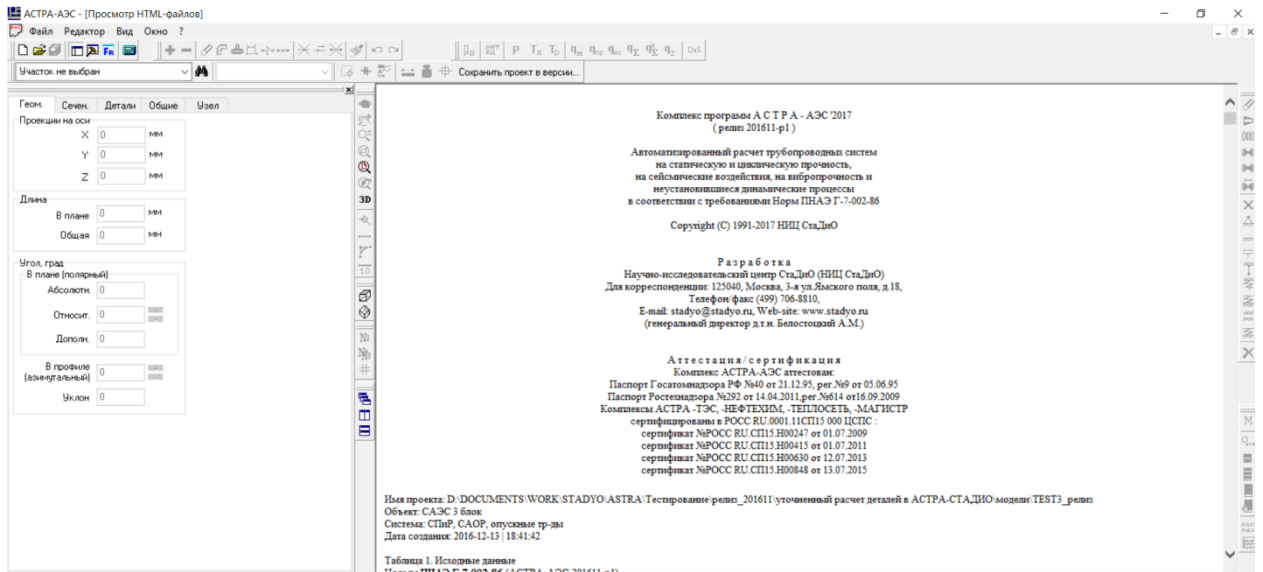


Рис. N7.1. Сведения о программе

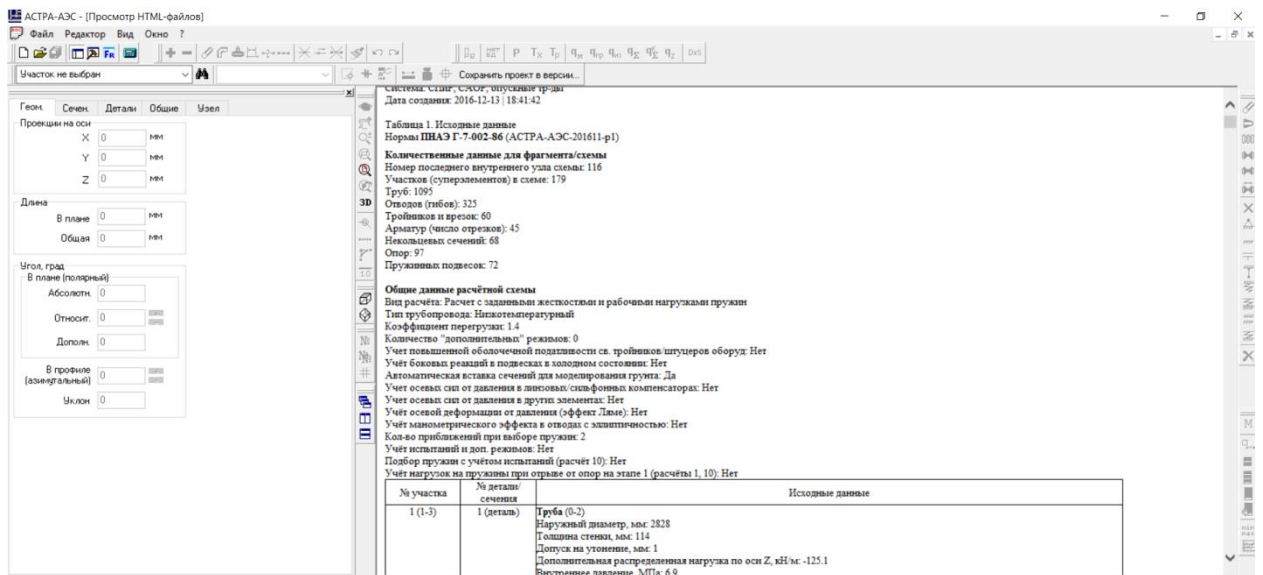


Рис. N7.2. Общие данные расчетной схемы



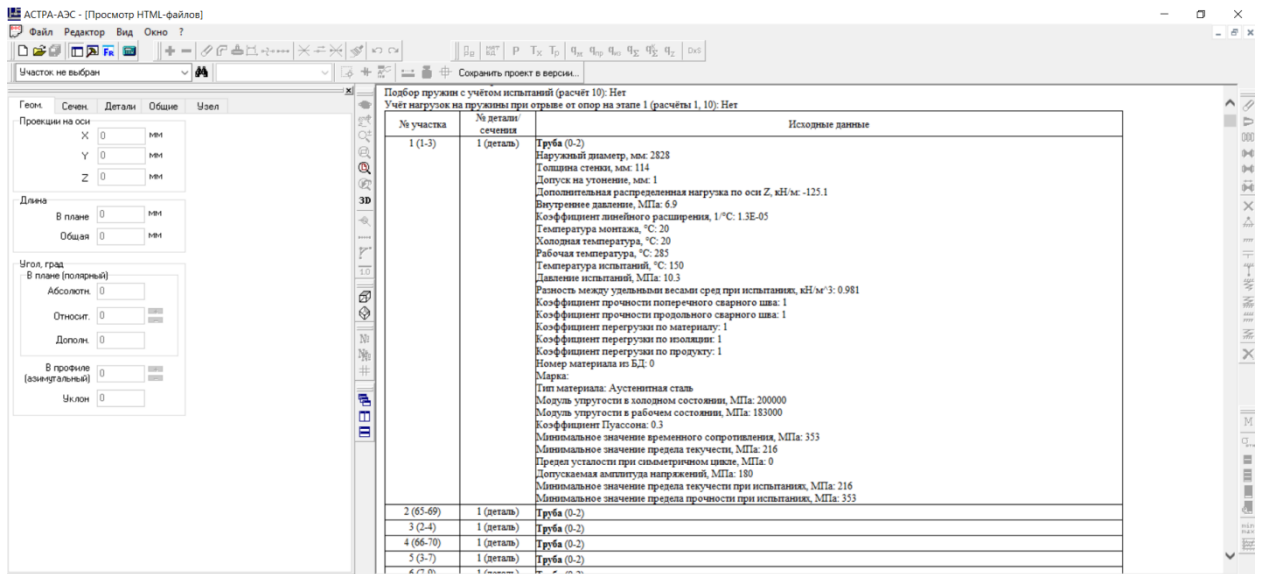


Рис. N7.3. Параметры деталей по участкам

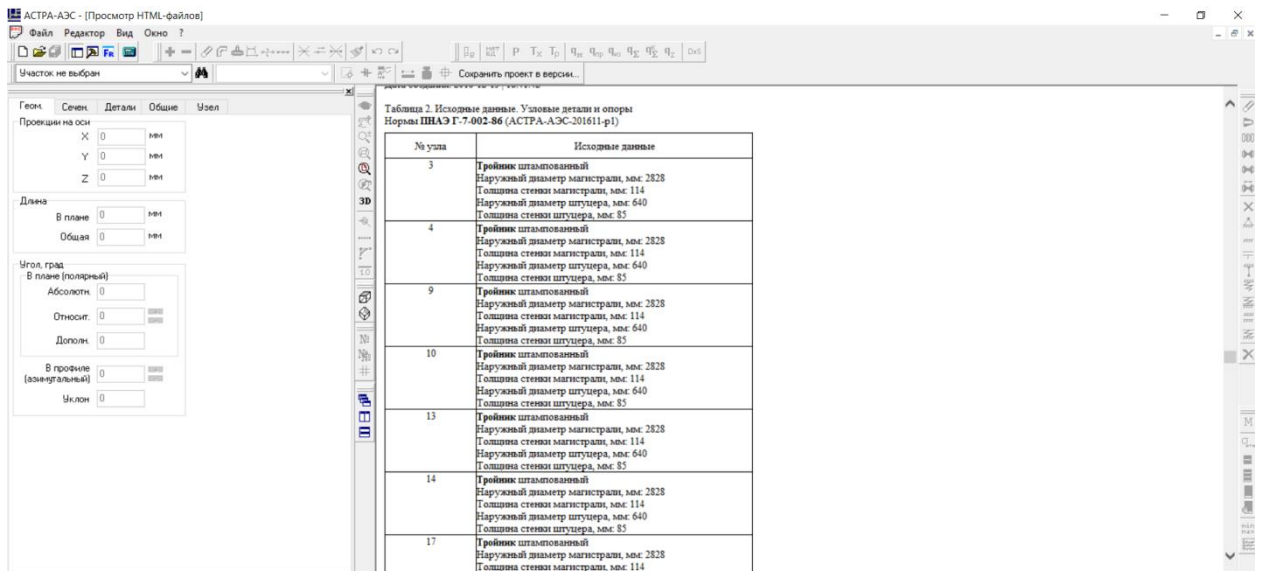


Рис. N7.4. Данные по узловым деталям и опорам. Тройники

№ узла	Описание
202	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
203	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
204	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
205	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
206	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
207	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
208	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
209	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
210	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
211	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
212	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
213	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
214	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
215	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
216	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
217	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
218	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
219	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
220	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
221	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4
222	Мёртвая опора Собственные линейные перемещения по оси Z, зм. 3.4

Рис. N7.5. Данные по узловым деталям и опорам. Опоры

№ участка	№ сечения	Исходные данные
1 (1-3)	1	Динамич. степени свободы Линейная вдоль оси X Линейная вдоль оси Z
2 (65-69)	1	Динамич. степени свободы Линейная вдоль оси X Линейная вдоль оси Z
3 (2-4)	1	Динамич. степени свободы Линейная вдоль оси X Линейная вдоль оси Z
4 (66-70)	1	Динамич. степени свободы Линейная вдоль оси X Линейная вдоль оси Z
55 (9-11)	1	Динамич. степени свободы Линейная вдоль оси Y
56 (13-15)	1	Динамич. степени свободы Линейная вдоль оси Y
57 (17-19)	1	Динамич. степени свободы Линейная вдоль оси Y
58 (23-25)	1	Динамич. степени свободы Линейная вдоль оси Y
59 (27-29)	1	Динамич. степени свободы Линейная вдоль оси Y
60 (31-33)	1	Динамич. степени свободы Линейная вдоль оси Y
61 (37-39)	1	Динамич. степени свободы Линейная вдоль оси Y
62 (41-43)	1	Динамич. степени свободы Линейная вдоль оси Y
63 (45-47)	1	Динамич. степени свободы Линейная вдоль оси Y
64 (51-53)	1	Динамич. степени свободы Линейная вдоль оси Y
65 (55-57)	1	Динамич. степени свободы Линейная вдоль оси Y
66 (59-61)	1	Динамич. степени свободы Линейная вдоль оси Y

Рис. N7.6. Динамические степени свободы

АСТРА-АЭС - [Просмотр HTML-файлов]

Файл Редактор Вид Окно ?

Участок не выбран

Сохранить проект в версии...

Геом. Сечен. Детали Обшие Узел

Проекция на оси  
 X 0 мм  
 Y 0 мм  
 Z 0 мм

Длина  
 В плане 0 мм  
 Общая 0 мм

Угол, град  
 В плане (полярный)  
 Абсолютн. 0  
 Относит. 0  
 Дополн. 0

В проеме (азимутальный)  
 0

Уклон 0

Таблица 4. Координаты осевой линии  
 Нормы ПНАЭ Г-7.002-86 (АСТРА-АЭС-201611-р1)

№ участка	№ сечения	Координаты (ГСК от-но начала участка), мм			Радиус, мм	Смещение, мм
		X	Y	Z		
1 (1-3)	0	0.00	0.00	0.00		0.00
	1	0.00	-1000.00	0.00		1000.00
	2	0.00	-1750.00	0.00		0.00
2 (65-69)	0	0.00	0.00	0.00		0.00
	1	0.00	-1000.00	0.00		1000.00
	2	0.00	-1750.00	0.00		0.00
3 (2-4)	0	0.00	0.00	0.00		0.00
	1	0.00	-1000.00	0.00		1000.00
	2	0.00	-1750.00	0.00		0.00
4 (66-70)	0	0.00	0.00	0.00		0.00
	1	0.00	-1000.00	0.00		1000.00
	2	0.00	-1750.00	0.00		0.00
5 (3-7)	0	0.00	0.00	0.00		0.00
	1	0.00	-1000.00	0.00		1000.00
	2	0.00	-1500.00	0.00		0.00
6 (7-9)	0	0.00	0.00	0.00		0.00
	1	0.00	-1000.00	0.00		1000.00
	2	0.00	-1500.00	0.00		0.00
7 (9-13)	0	0.00	0.00	0.00		0.00
	1	0.00	-1000.00	0.00		1000.00
	2	0.00	-1500.00	0.00		0.00
8 (13-17)	0	0.00	0.00	0.00		0.00
	1	0.00	-1000.00	0.00		1000.00
	2	0.00	-1500.00	0.00		0.00
9 (17-21)	0	0.00	0.00	0.00		0.00
	1	0.00	-1000.00	0.00		1000.00
	2	0.00	-1500.00	0.00		0.00

Рис. N7.7. Координаты осевой линии ТС

## N8. Корректировка функции импорта модели из ПК СТАРТ

В версии 201611 была актуализирована функция импорта моделей ПК СТАРТ из файла открытого формата (\*.ini) для текущей версии формата данного файла. Ниже на рисунках показаны сравнения параметров для некоторых элементов в исходной (СТАРТ) и импортированной (АСТРА-НОВА) модели.

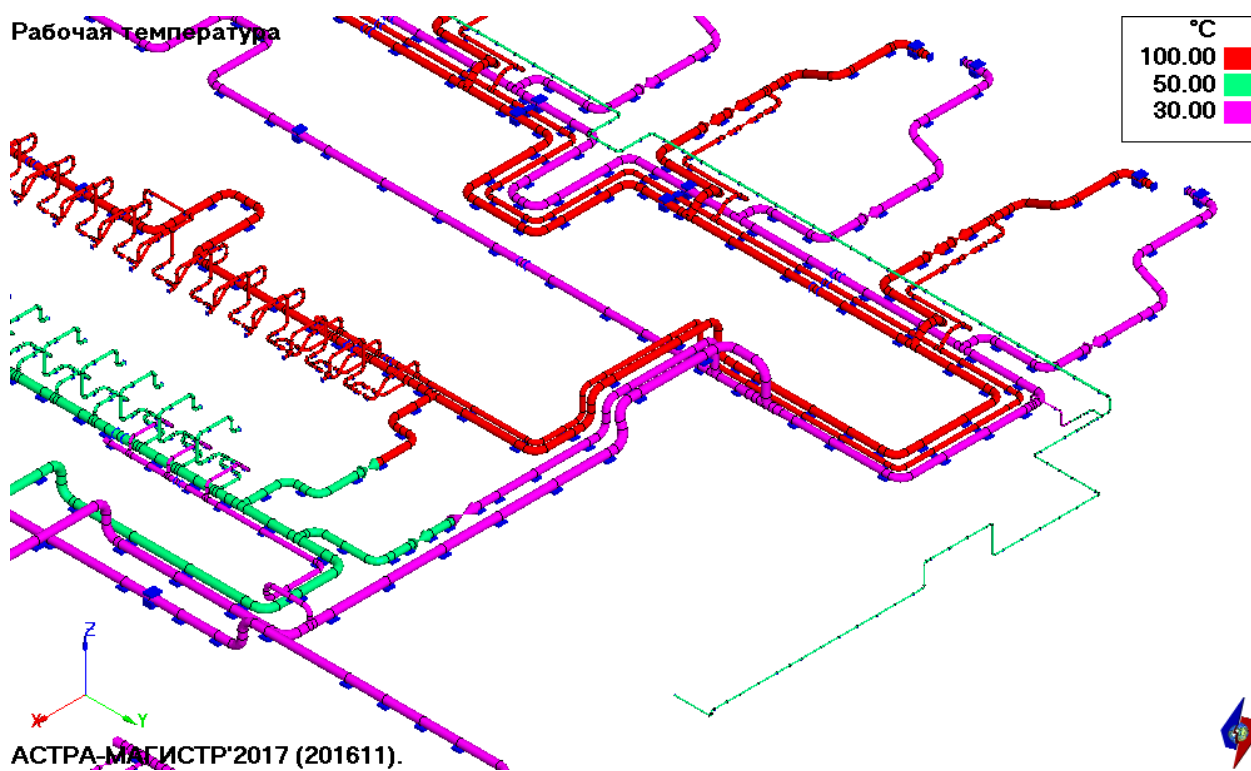


Рис. N8.1. Рабочие температуры в импортированной модели. АСТРА-НОВА

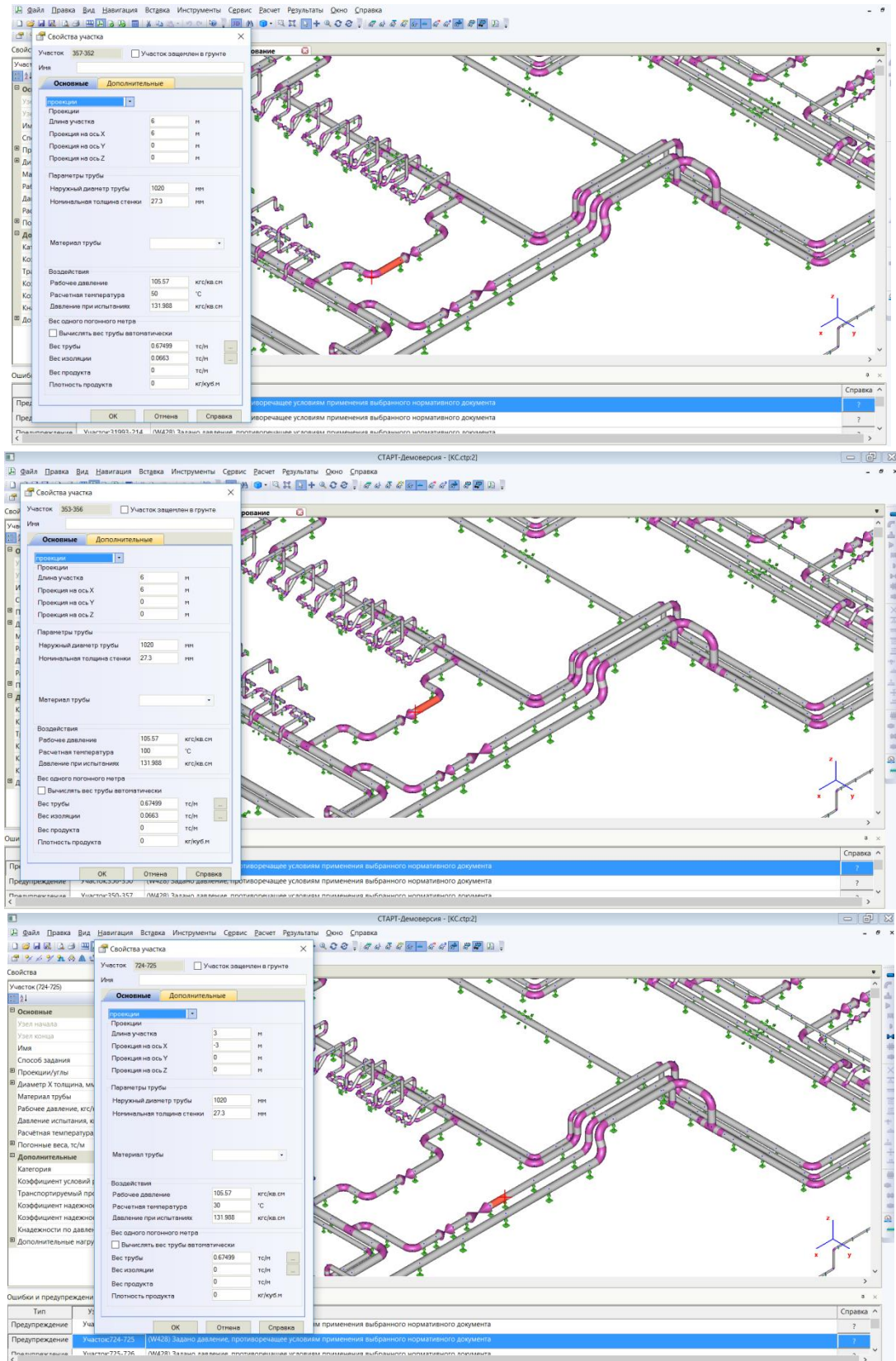
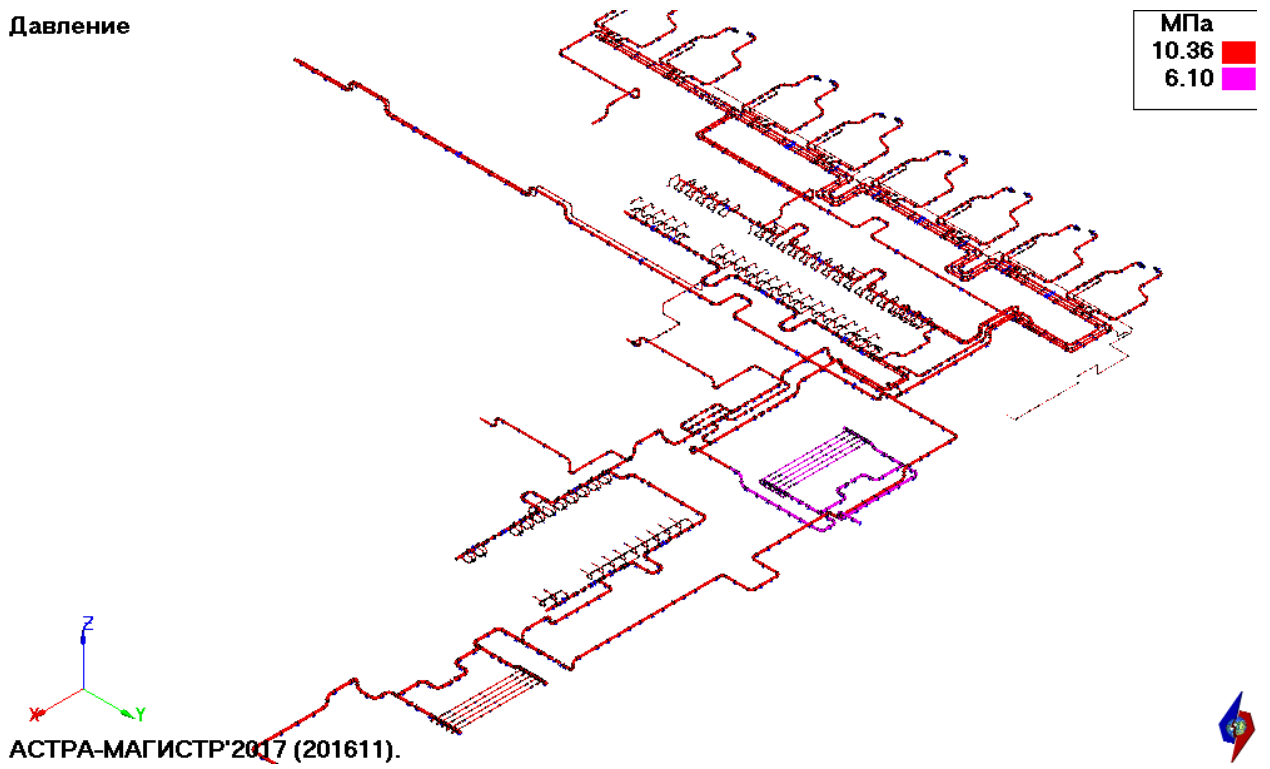


Рис. N8.2. Рабочие температуры в исходной модели СТАРТ.

Давление



Давление

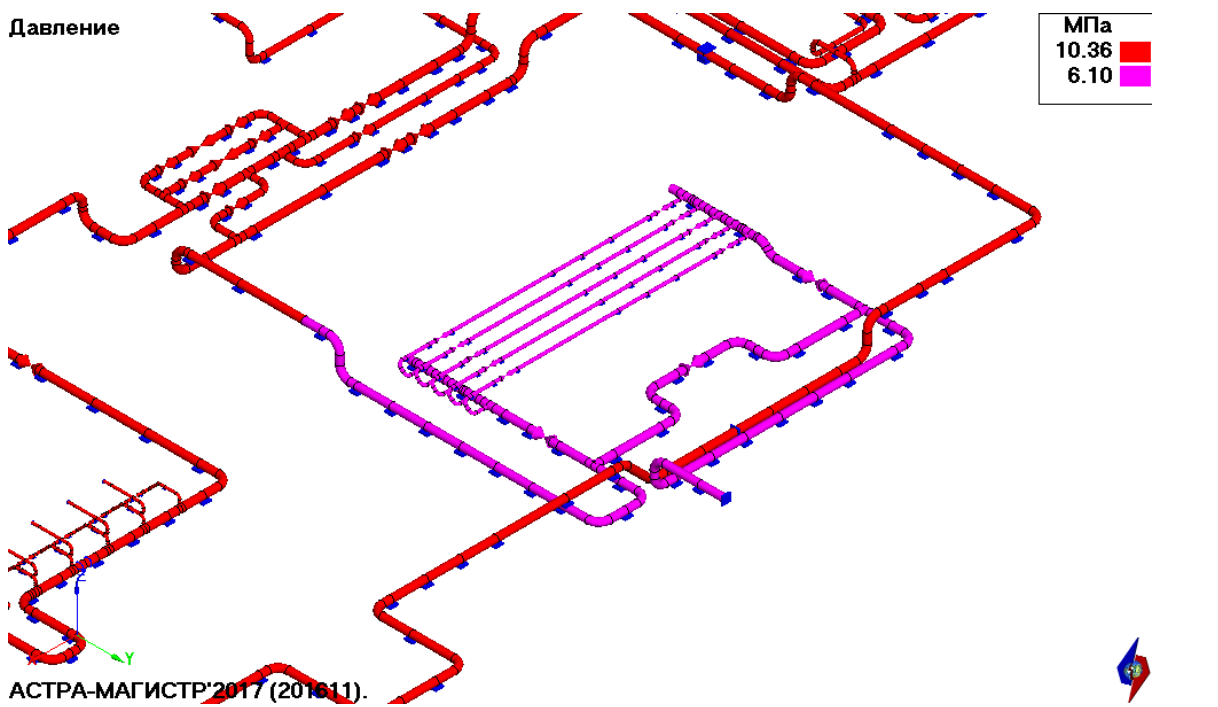


Рис. N8.3. Рабочие давления в импортированной модели. АСТРА-НОВА



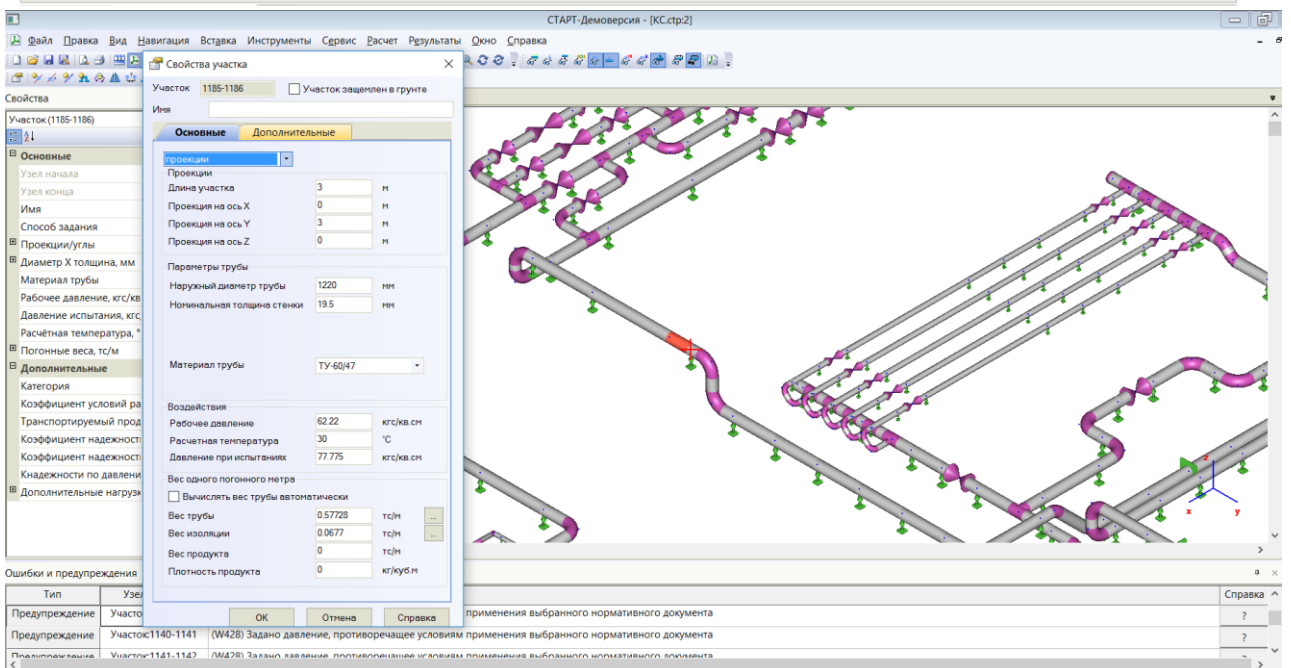
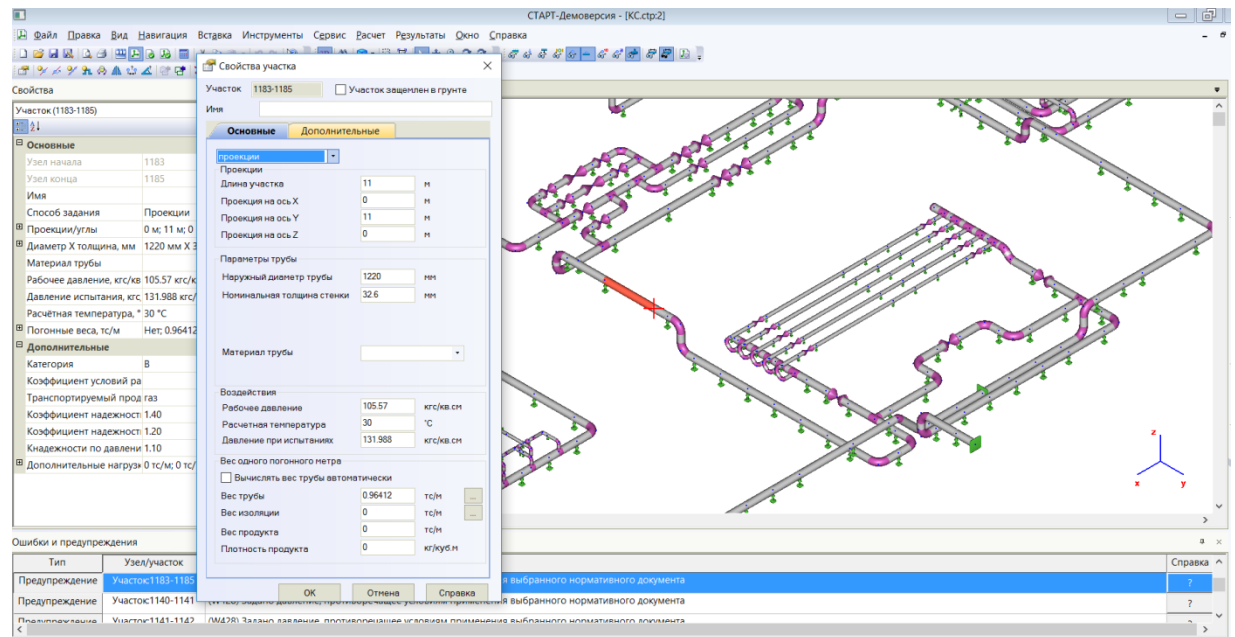
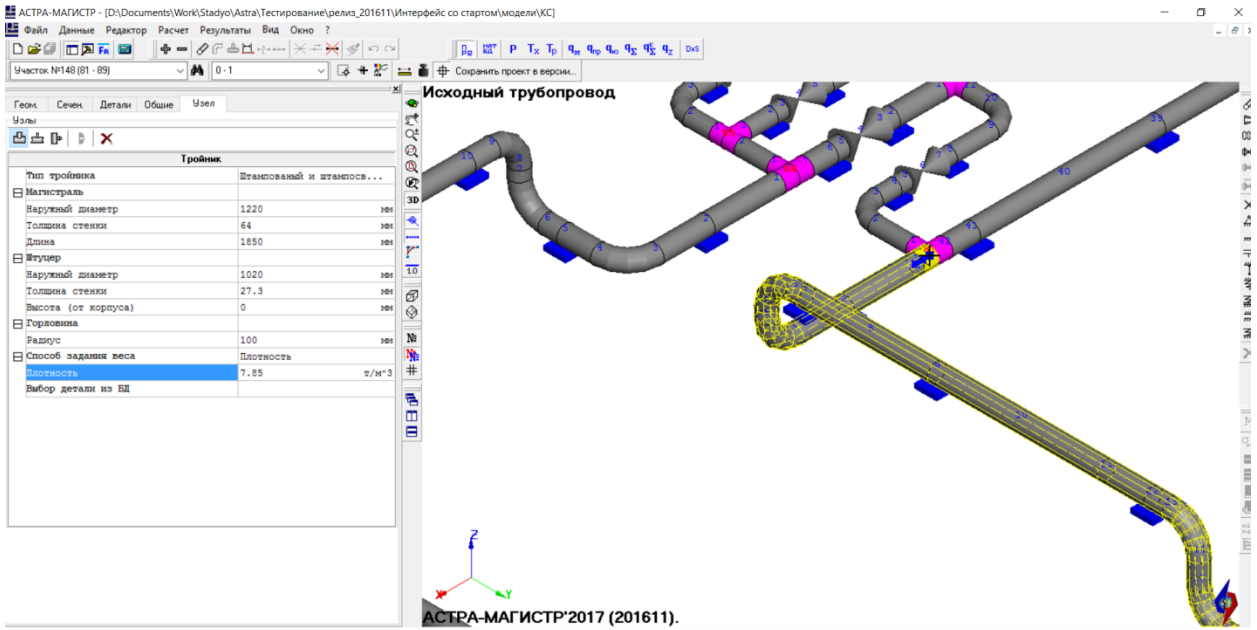


Рис. N8.4. Рабочие давления в исходной модели СТАРТ

## АСТРА-НОВА



## СТАРТ

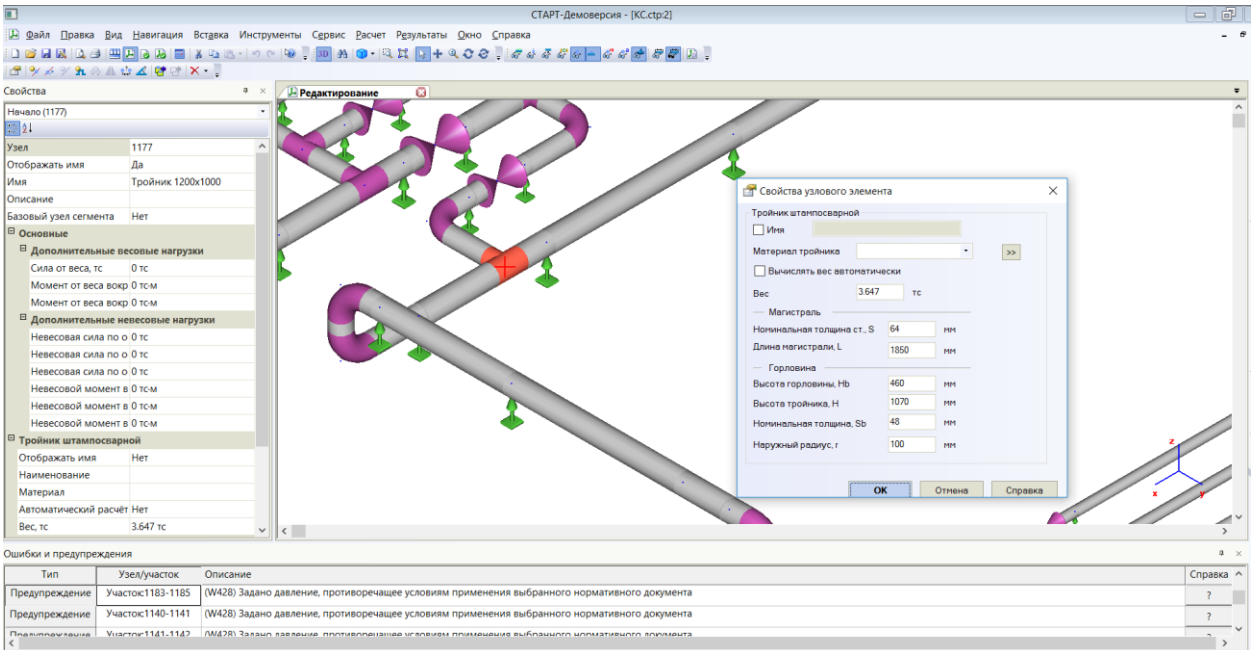
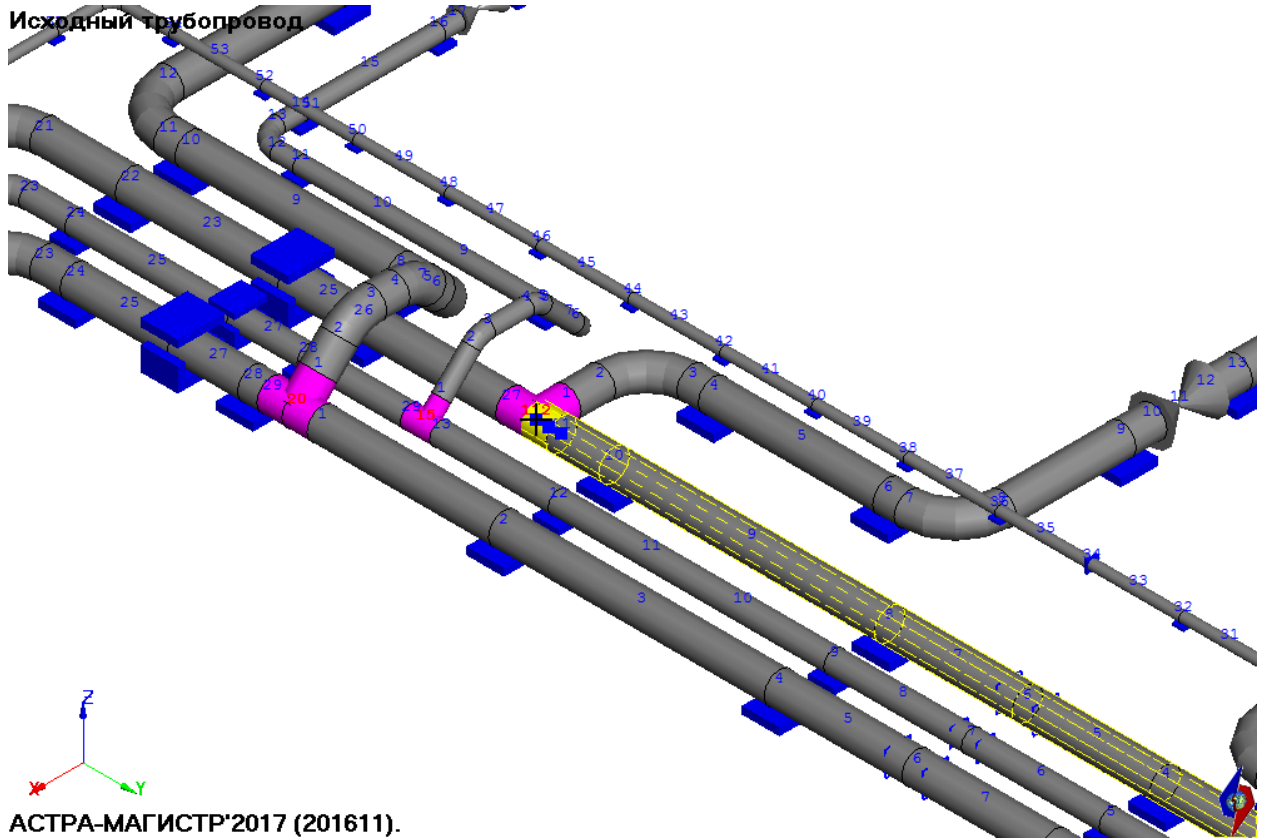


Рис. N8.5. Тройник в узле 81



# АСТРА-НОВА

Исходный трубопровод



АСТРА-МАГИСТР'2017 (201611).

СТАРТ

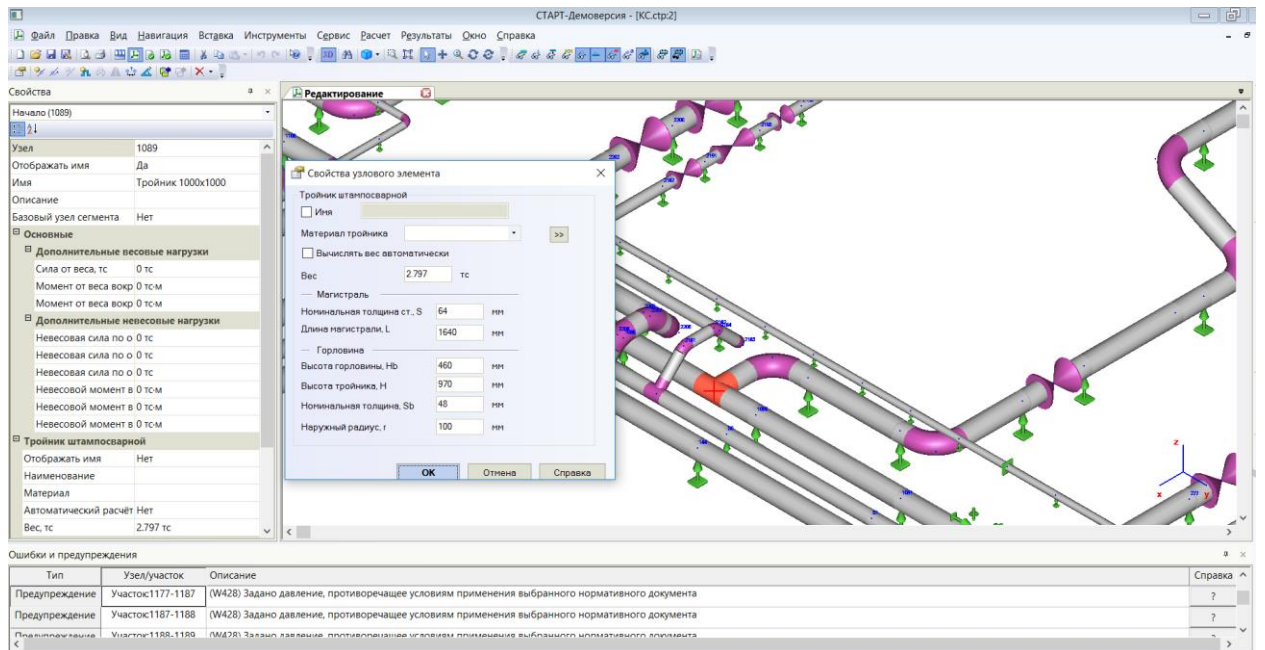
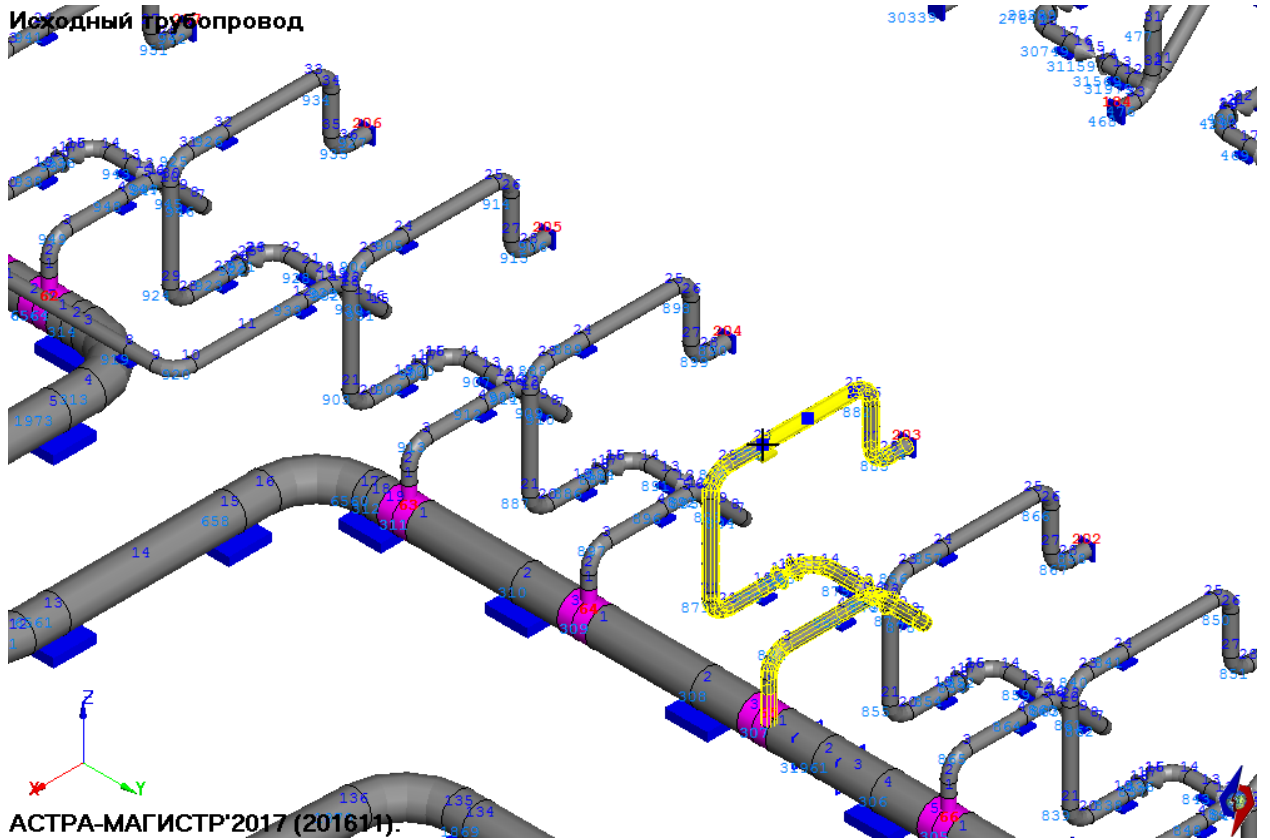


Рис. N8.6. Тройник в узле 112

# АСТРА-НОВА

Исходный трубопровод



АСТРА-МАГИСТР'2017 (201611).

СТАРТ

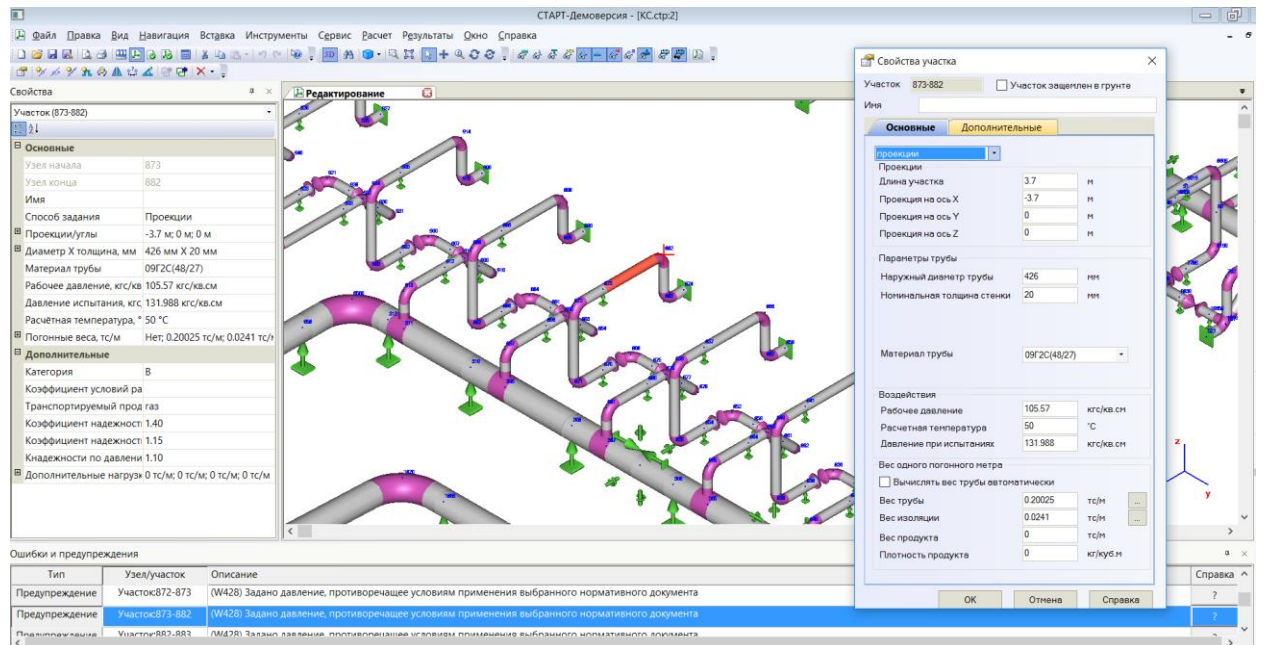
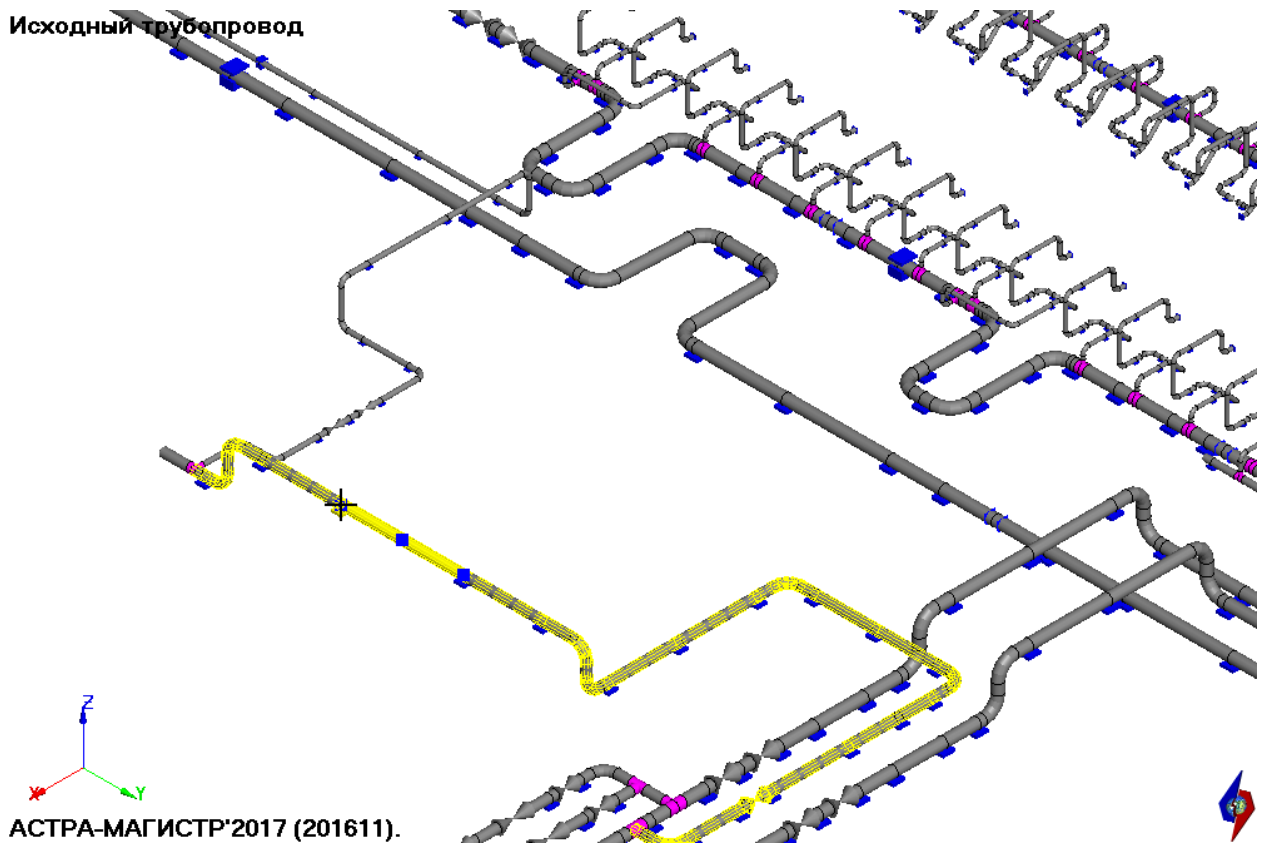


Рис. N8.7. Параметры трубы 24-25 на участке №120 (65-203)

Исходный трубопровод



АСТРА-МАГИСТР'2017 (201611).

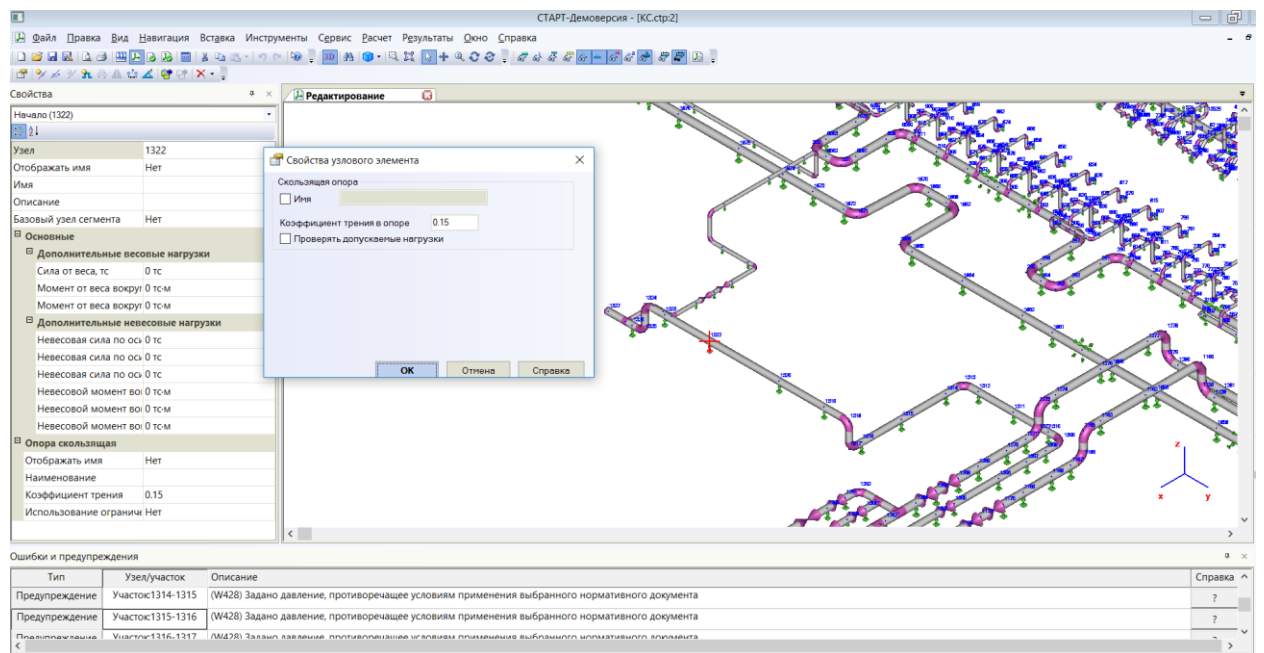


Рис. N8.8. Параметры односторонней опоры в сечении 40 на участке №151 (83-114)