

УДК 697.34

## **ВАРИАНТЫ УСТАНОВКИ НЕПОДВИЖНЫХ ОПОР НА УЧАСТКЕ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ В ВИДЕ Z- И Г-ОБРАЗНЫХ КОМПЕНСАТОРОВ**

Слижук Д.М., студент гр.ТЭб-221, III курс

Горина В.З., аспирант гр.ТТа-221, ст.преподаватель кафедры теплоэнергетики  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В процессе эксплуатации элементы трубопроводов и их соединения подвергаются механическим нагрузкам, которые приводят к возникновению напряжений, деформаций и колебаний инженерных сетей. Отсутствие или недостаточность мер, направленных на защиту труб (т. е. компенсацию напряжений), могут привести к нарушению целостности конструкции трубопровода в местах соединения труб уже на начальных этапах эксплуатации. Для снятия напряжений, возникающих при эксплуатации трубопроводов, применяют компенсаторы, а также неподвижные и подвижные опоры, обеспечивающие необходимую гибкость и разгрузку конструкции [1].

Целью работы является анализ данных, полученных при расчете напряжений на участках тепловой сети, при установке неподвижных опор в случае Z- и Г-образных компенсаторов.

Расчет выполнен в программном комплексе СТАРТ-Проф, который предназначен для расчета прочности и жесткости трубопроводов систем теплоснабжения [2].

В качестве исходных данных принят участок тепловой сети наружным диаметром 159 мм, общей протяженностью 62 м., проложенный надземным способом и выполненный из стали марки Ст20. Теплоизоляционным материалом является пенополиуретан. Теплоносителем является вода с параметрами: давление 8,0 кгс/см<sup>2</sup>, температура 95°C.

В настоящей работе рассмотрено 2 варианта установки неподвижных опор:

1. Участок рассмотрен как Z-образный компенсатор. В этом случае предусмотрена установка двух неподвижных опор на концах участка.
  2. С дополнительной неподвижной опорой в середине участка. В данном варианте участок рассмотрен, как два Г-образных компенсатора.
- Схема участка трубопровода представлена на рис. 1.

Перед установкой неподвижных опор необходимо осуществить установку подвижных опор для компенсации температурных деформаций и предотвращения появления избыточных напряжений в конструкции.

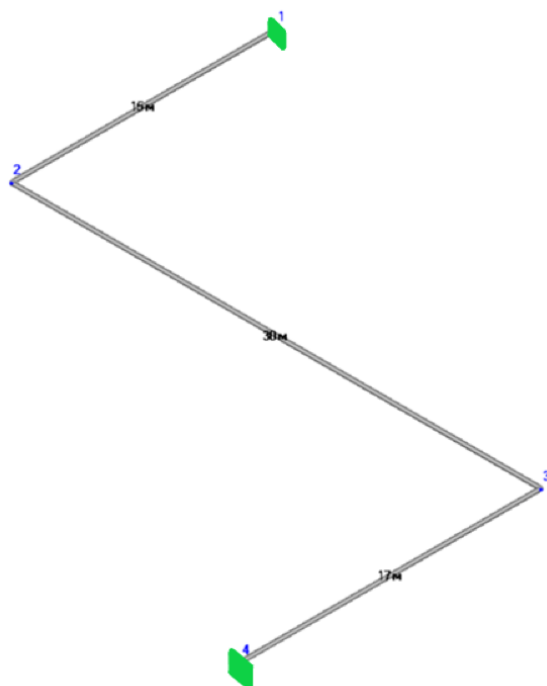


Рис. 1. Схема участка трубопровода

Для расположения скользящих опор использовали данные, представленные в [2]. Пролеты между подвижными опорами трубопроводов при надземной прокладке зависят от условного прохода труб, рабочего давления и температуры. Таким образом, пролет составил 7 м.

Расчет напряжений на каждом участке между подвижными опорами и поворотах проводят по [3]. Результат представлен в табл. 1.

Табл. 1. Напряжения на участках тепловой сети  
с двумя неподвижными опорами

Элемент	Начальный конечный узел	Напряжения от весовой нагрузки в рабочем состоянии, (кгс/см <sup>2</sup> )		Напряжения от всех воздействий в рабочем состоянии, (кгс/см <sup>2</sup> )		Напряжения от всех воздействий в холодном состоянии, (кгс/см <sup>2</sup> )	
		расчётное	допустимое	расчётное	допустимое	расчётное	допустимое
Участок	1	186.21	1617	188.30	2205	125.01	2205
	9	143.16	1617	146	2205	41.82	2205
Участок	9	143.16	1617	146.16	2205	41.64	2205
	2	396.33	1617	406.66	2205	336.58	2205
Участок	2	396.33	1617	403.43	2205	333.03	2205
	3	147.43	1617	217.53	2205	77.06	2205
Отвод круто-изогнутый	3	185.14	1617	570.79	Нет	230.11	Нет
Участок	3	147.57	1617	217.63	2205	77.24	2205
	4	387.92	1617	394.99	2205	324.75	2205

Участок	4	387.92	1617	398.16	2205	328.26	2205
	10	173.44	1617	174.31	2205	106.88	2205
Участок	10	173.44	1617	176.71	2205	109.09	2205
	11	173.46	1617	176.73	2205	109.12	2205
Участок	11	173.46	1617	174.34	2205	106.91	2205
	5	387.93	1617	398.16	2205	328.26	2205
Участок	5	387.93	1617	394.99	2205	324.76	2205
	6	147.57	1617	217.63	2205	77.23	2205
Отвод круто-изогнутый	6	185.13	1617	570.78	Нет	230.10	Нет
Участок	6	147.43	1617	217.52	2205	77.05	2205
	7	396.32	1617	403.42	2205	333.02	2205
Участок	7	396.32	1617	406.65	2205	336.57	2205
	12	143.16	1617	146.16	2205	41.64	2205
Участок	12	143.16	1617	146.16	2205	41.64	2205
	8	208.59	1617	214.22	2205	147.19	2205

Результаты расчета демонстрируют, что температурное расширение присутствует на всем участке рассматриваемого трубопровода. При этом наибольшее напряжение возникает на участках перед и после поворота трубопровода, например, участки 2, 4, 5 и 7. Однако расчетные значения не превышают допустимых. По рис. 2 видно, что при установке двух неподвижных опор значительной деформации трубопровода не происходит. Небольшие изменения присутствуют на поворотах, однако, это не повлияет на работу тепловой сети.

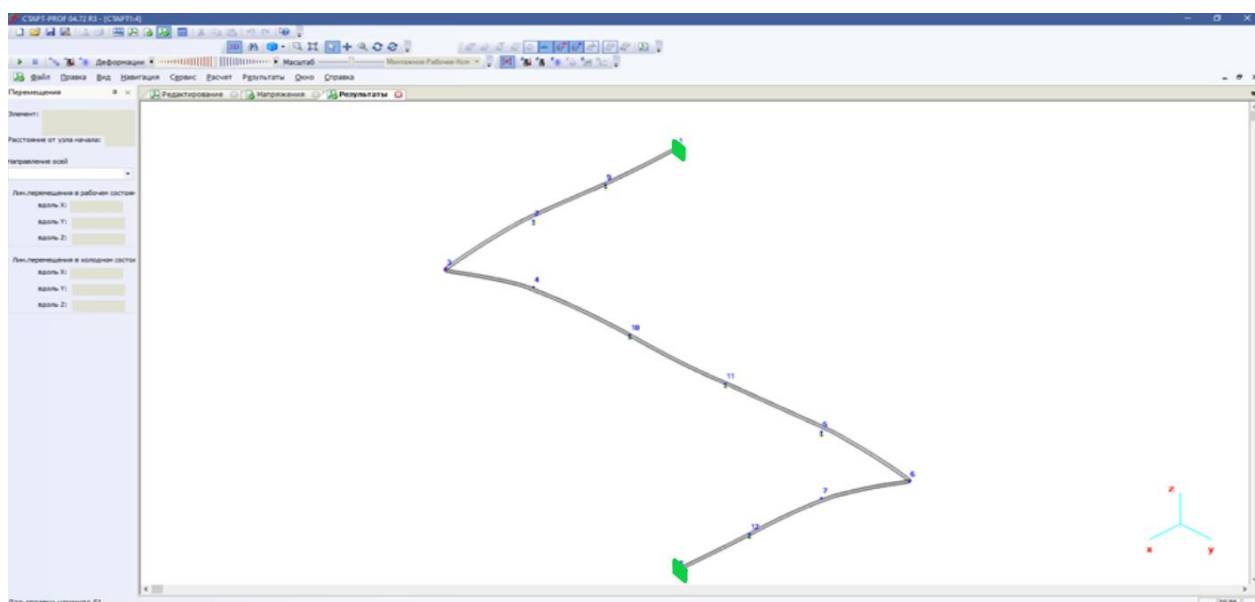


Рис. 2. Графическое изображение трубопровода с двумя неподвижными опорами. Масштаб 50:1

Далее рассмотрен вариант расположения трех неподвижных опор на исходном участке тепловой сети. Рассчитаны напряжения, показанные в табл. 2.

Табл. 2. Напряжения на участках тепловой сети с дополнительной неподвижной опорой

Элемент	Начальный конечный узел	Напряжения от весовой нагрузки в рабочем состоянии, (кгс/см <sup>2</sup> )		Напряжения от всех воздействий в рабочем состоянии, (кгс/см <sup>2</sup> )		Напряжения от всех воздействий в холодном состоянии, (кгс/см <sup>2</sup> )	
		расчётное	допустимое	расчётное	допустимое	расчётное	допустимое
Участок	1	185.63	1617	187.70	2205	124.41	2205
	10	143.15	1617	145.90	2205	41.66	2205
Участок	10	143.15	1617	146.07	2205	41.45	2205
	2	392.54	1617	402.83	2205	332.82	2205
Участок	2	392.54	1617	399.63	2205	329.29	2205
	3	147.20	1617	217.73	2205	76.24	2205
Отвод круто-изогнутый	3	183.72	1617	571.72	Нет	227.52	Нет
Участок	3	147.20	1617	217.73	2205	76.24	2205
	4	392.54	1617	399.63	2205	329.29	2205
Участок	4	392.54	1617	402.83	2205	332.82	2205
	11	143.15	1617	146.07	2205	41.45	2205
Участок	11	143.15	1617	145.90	2205	41.66	2205
	5	185.63	1617	187.70	2205	124.40	2205
Участок	5	186.29	1617	188.25	2205	125.73	2205
	12	143.26	1617	146.76	2205	42.20	2205
Участок	12	143.26	1617	146.95	2205	42.02	2205
	6	395.98	1617	407.59	2205	337	2205
Участок	6	395.98	1617	404.47	2205	333.51	2205
	7	146.88	1617	220.87	2205	77.22	2205
Отвод круто-изогнутый	7	184.02	1617	587.71	Нет	237.96	Нет
Участок	7	145.90	1617	221.72	2205	77	2205
	8	391.42	1617	397.09	2205	327.85	2205
Участок	8	391.42	1617	400.35	2205	331.39	2205
	13	147.04	1617	148.02	2205	60.44	2205
Участок	13	147.04	1617	147.59	2205	61.86	2205
	9	208.59	1617	214.22	2205	147.19	2205

Исходя из полученных результатов видно, что установка дополнительной неподвижной опоры незначительно уменьшает напряжение от весовой нагрузки на некоторых участках (узел 10-11 на рис.2 и узел 11-12 на рис. 3), следовательно, устанавливать ее не целесообразно.

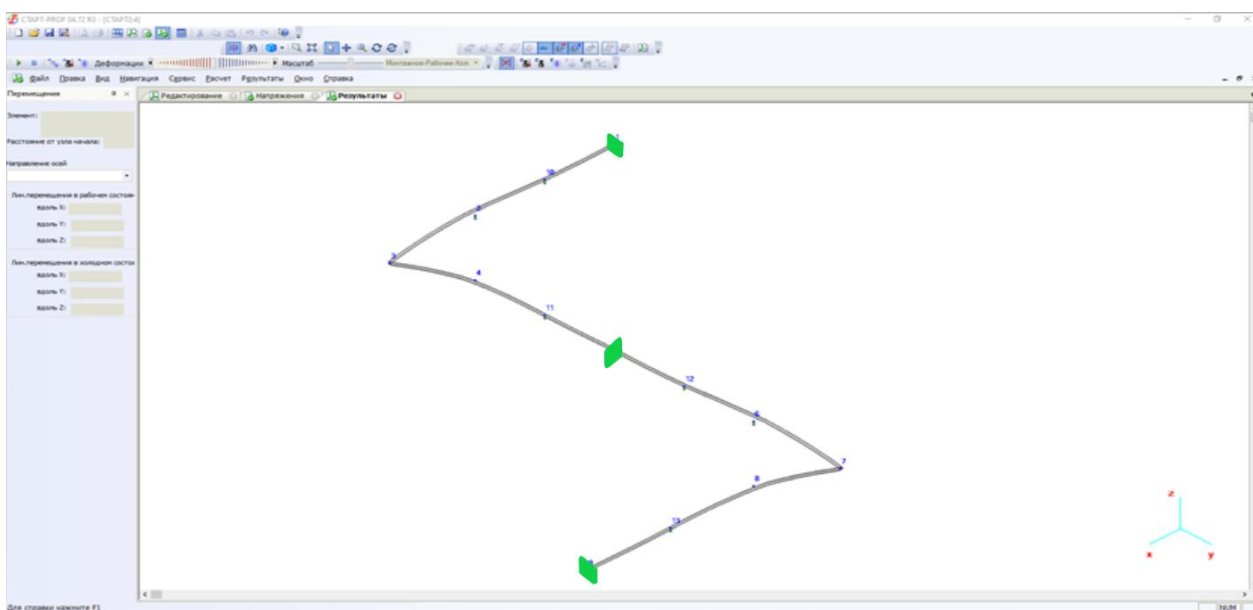


Рис. 3. Графическое изображение трубопровода с дополнительной неподвижной опорой. Масштаб 50:1.

### Заключение

В данной работе показан участок тепловой сети, который рассматривали в качестве одного Z- и двух Г-образных компенсаторов.

Проведен сравнительный расчет напряжений на участке тепловой сети. Расчеты, выполненные в программном комплексе СТАРТ-Проф, наглядно демонстрируют влияние температурного расширения на трубопровод, особенно в местах поворотов.

Рассмотрение двух вариантов расположения неподвижных опор позволило выявить, что установка дополнительной неподвижной опоры незначительно снижает нагрузку, но не оказывает влияния на распределения напряжений.

### Список литературы

1. Способы снятия нагрузки с трубопроводов. Компенсация напряжений / URL – <https://saverhot.ru/> (дата обращения: 27.03.2025)
2. Программная система СТАРТ-Проф [сайт]. – URL: <https://www.truboprovod.ru> (дата обращения: 27.03.2025)
3. РД 10–400–01 Нормы расчета на прочность трубопроводов тепловых сетей. СПб.: – Издательство ДЕАН, 2002. – 80 с.