

Оценка НДС технологического трубопровода с зоной утонения

В работе проведена оценка напряженно-деформированного состояния технологического трубопровода с утонением (далее трубопровод) для 2х вариантов:

I. рабочие условия;

II. гидравлические испытания.

Трубопровод состоит из линий А и Б. Линия А предназначена для транспортировки продукта, а линия Б – для сброса горючих газов от линии А. Трубопровод изготовлен из стали 09Г2С и расположен на открытом воздухе.

В Autodesk Inventor была создана поверхностная модель с утонением, которая затем была импортирована в ANSYS для получения расчетной модели.

Рабочие нагрузки, приложенные к расчетной модели в каждом из вариантов, приведены в табл. 1.

Табл. 1. Значения рабочих нагрузок

№ варианта	I		II	
	А	Б	А	Б
Линия				
Давление, [МПа]	2,5	0,05	3,625	0,45
Температура, [°C]	41	30	20	
Гидростатическое давление, [кПа]	-		0÷259	137÷164

Общий вид трубопровода с указанием месторасположения и типа опор, а также геометрия зоны утонения представлены на рис. 1.

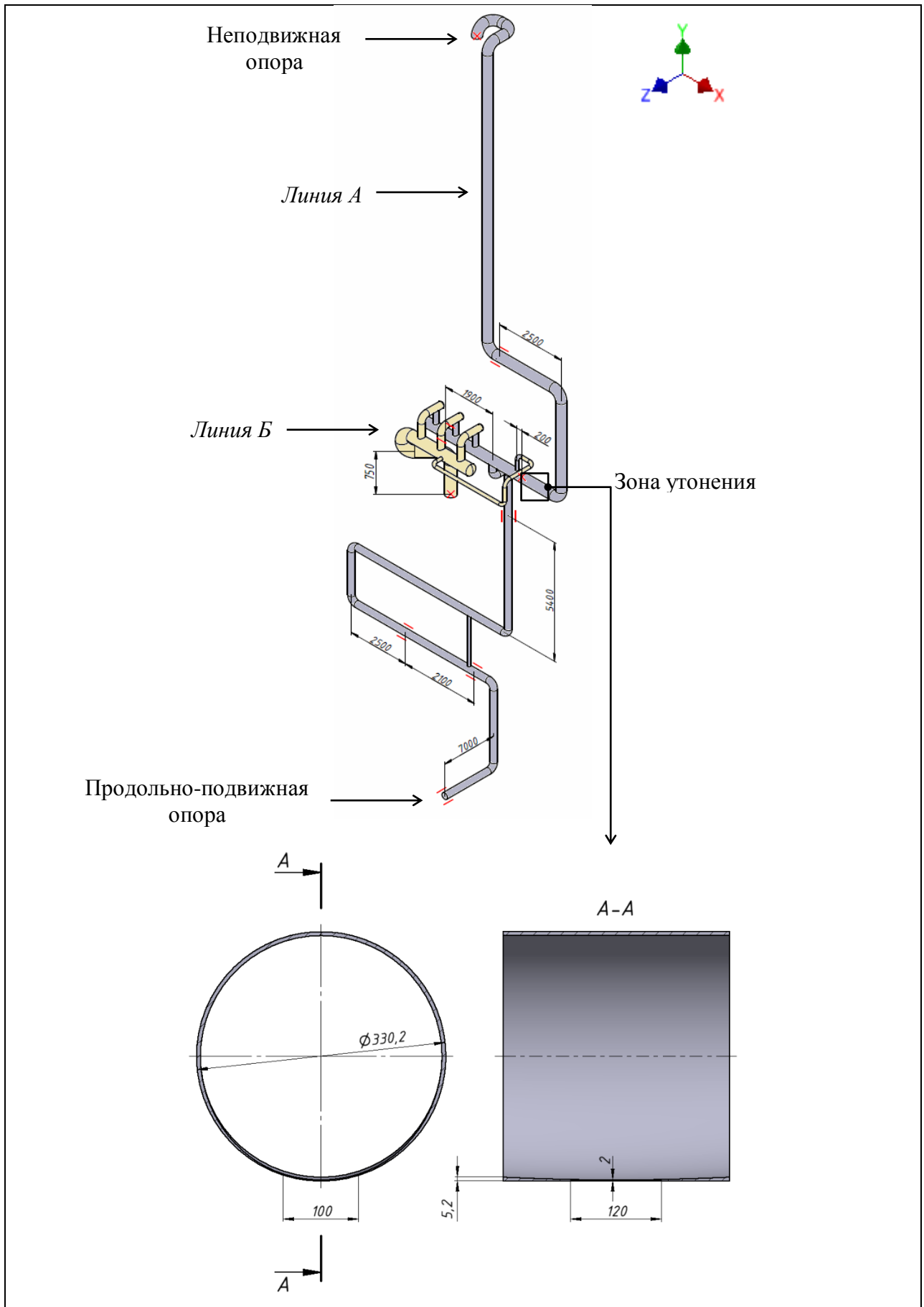


Рис. 1. Общий вид трубопровода

Прочностные характеристики материала и допускаемые напряжения для различных вариантов приведены в табл. 2.

Табл. 2. Прочностные характеристики и допускаемые напряжения для 2х вариантов

№ варианта	I						II		
	А			Б			А	Б	
Предел текучести, [МПа]*	238			242			245		
Временное сопротивление разрушению, [МПа]*	432			432			432		
Категория напряжений**	(σ) ₁	(σ) ₂	(σ) _{РК}	(σ) ₁	(σ) ₂	(σ) _{РК}	(σ) ₁	(σ) ₂	(σ) _{РК}
Допустимое значение, [МПа]	159	206	432	161	209	432	221	278	432

*прочностные характеристики указаны при рабочей температуре, получены линейной интерполяцией (ПНАЭ Г-7-002-89, прил.1, п.1.1)

**категории напряжений согласно ПНАЭ Г-7-002-89

В соответствии с ПНАЭ Г-7-002-86, п.1.2.16 расчет напряжений без учета концентраций был проведен в предположении линейно-упругого поведения материала.

По результатам расчета были определены и рассмотрены наиболее нагруженные характерные зоны:

- зона А (отвод);
- зона Б (врезка в трубопровод);
- зона В (зона утонения).

Карты распределения эквивалентных напряжений всего трубопровода представлены на рис. 2.

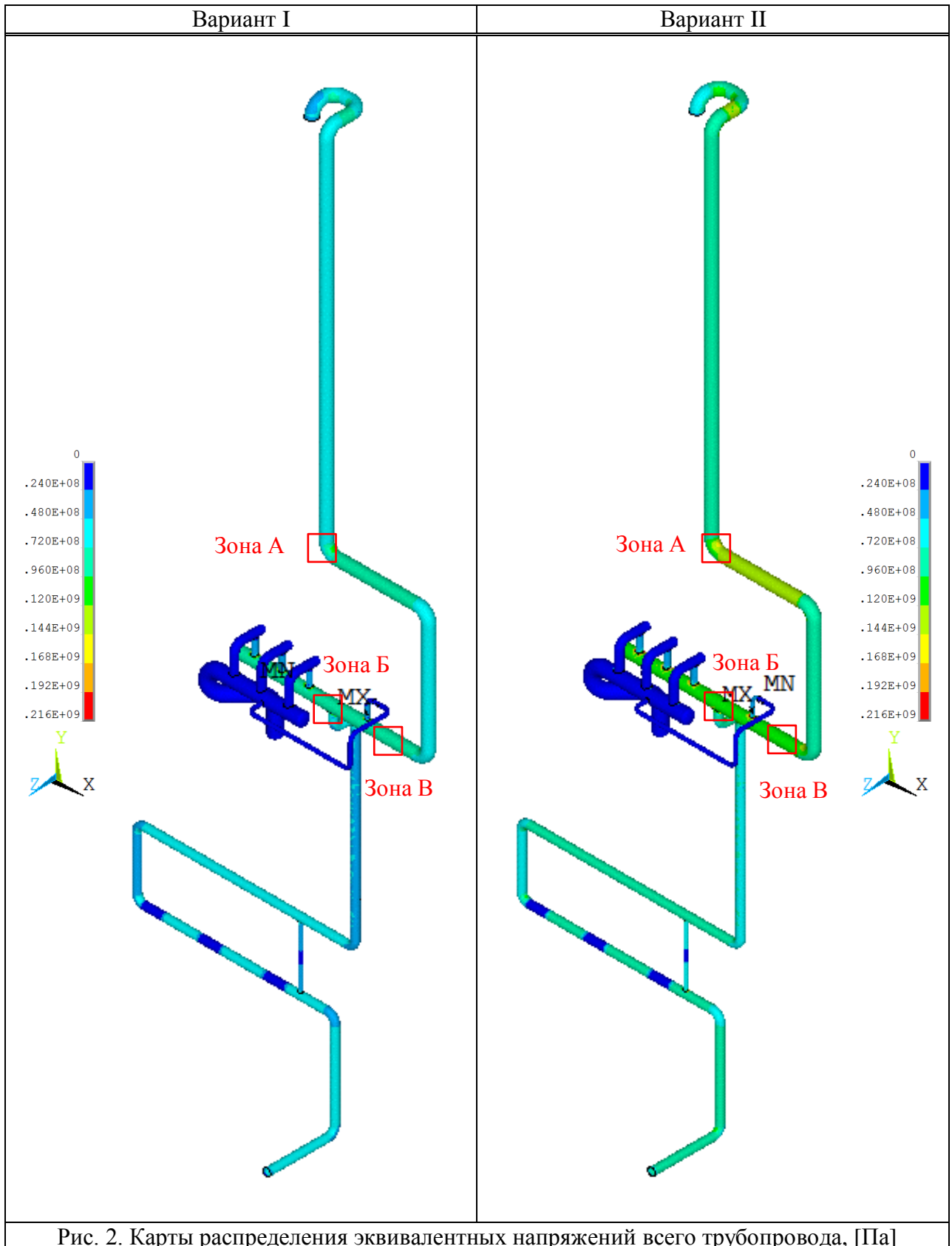
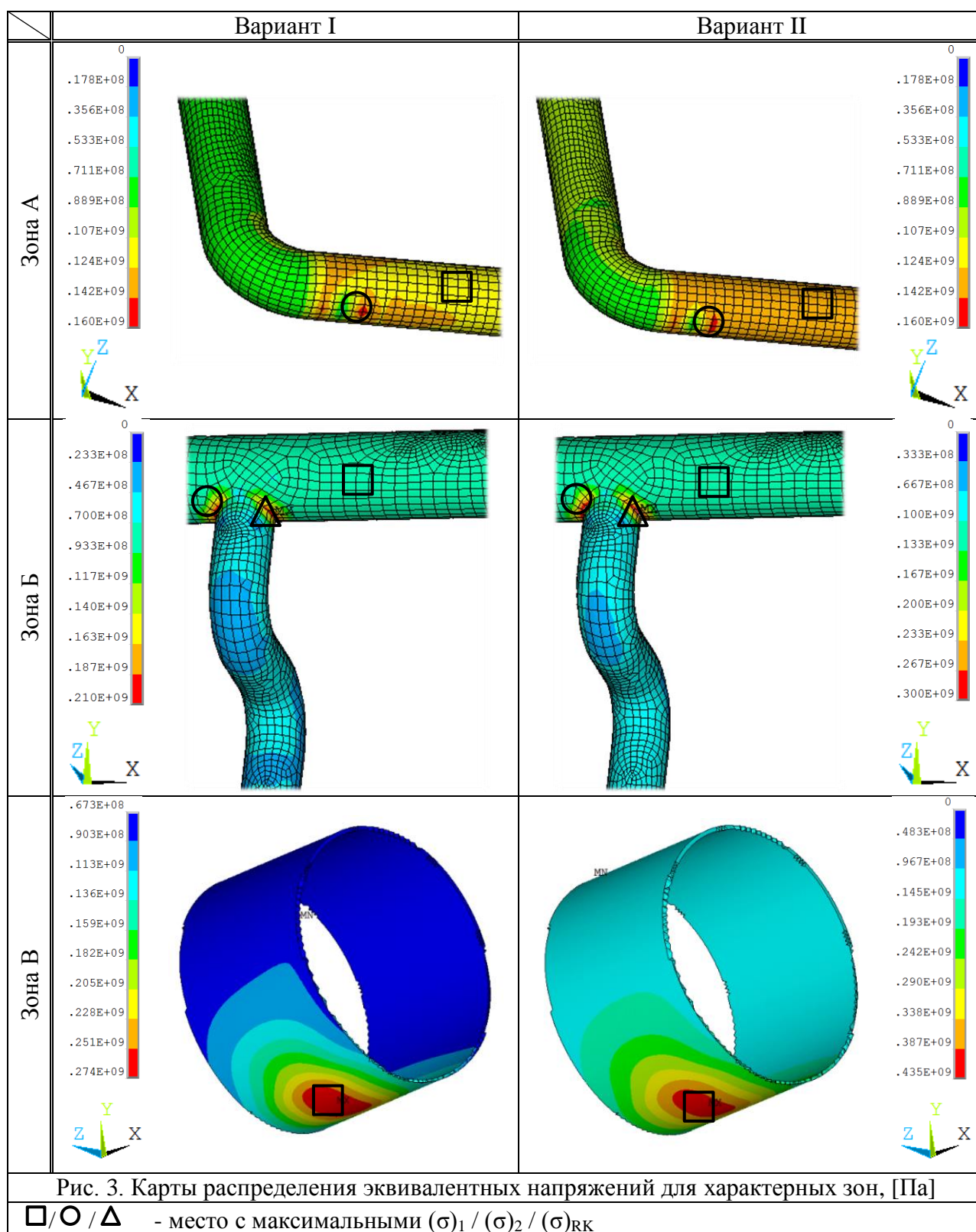


Рис. 2. Карты распределения эквивалентных напряжений всего трубопровода, [Па]

Карты распределения эквивалентных напряжений характерных зон представлены на рис. 3.



Проверка условий прочности и коэффициент запаса для каждой зоны приведены в табл. 3.

Табл. 3. Оценка результатов

№ варианта	Зона	Категория напряжений	Расчетное значение, [МПа]	Знак	Допустимое значение, [МПа]	Коэффициент запаса	Условие прочности
I	А	$(\sigma)_1$	124	<	159	1,28	выполнено
		$(\sigma)_2$	160	<	206	1,28	выполнено
	Б	$(\sigma)_1$	93	<	159	1,71	выполнено
		$(\sigma)_2$	187	<	206	1,10	выполнено
		$(\sigma)_{RK}$	210	<	432	2,05	выполнено
	В	$(\sigma)_1$	274	>	159	0,58	не выполнено
II	А	$(\sigma)_1$	142	<	221	1,55	выполнено
		$(\sigma)_2$	160	<	278	1,73	выполнено
	Б	$(\sigma)_1$	133	<	221	1,66	выполнено
		$(\sigma)_2$	267	<	278	1,04	выполнено
		$(\sigma)_{RK}$	300	<	432	1,44	выполнено
	В	$(\sigma)_1$	435	>	221	0,50	не выполнено

Выводы:

1) При рабочих условиях эксплуатации в зоне утонения стенки трубопровода σ_1 превышает допустимые значения напряжений, но не превышает временное сопротивление - это приведет к необратимым локальным пластическим деформациям.

2) При гидравлических испытаниях в зоне утонения стенки трубопровода σ_1 превышает допустимые значения напряжений и превышает временное сопротивление - это приведет к образованию и развитию трещин.