



**Инжиниринговая нефтегазовая компания – Всесоюзный
научно-исследовательский институт по строительству и
эксплуатации трубопроводов, объектов ТЭК
(ОАО ВНИИСТ)**



НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТРУБ И РЕМОНТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

***Варламов Николай Вячеславович
Президент ОАО ВНИИСТ***



Классификация труб



Класс прочности труб (pipe strength)	Категории качества труб и соответствующие коэффициенты надежности по материалу						
	A	B	C	D	E	F	
	1,55	1,47	1,40	1,34	1,26	1,18	
К42	+	+	+	Не применяются			
К48	+	+	+				
К50		+	+				
К52		+	+				+
К55			+				+
К56			+	+	+	+	
К60	Не применяются		+	+	+	+	
К65				+	+	+	
К70				+	+	+	
К80				+	+	+	



Дополнительные требования



- **Требования по микроструктуре (microstructure)**
 - Полосчатость
 - Зернистость
 - Наличие неметаллических включений
- **Требования по пластичности и хладостойкости (plasticity and cold resistance)**
 - Относительное поперечное сужение
 - Критическая температура хрупкости
- **Требования по вязкости разрушения (fracture toughness)**
 - Статическая и циклическая трещиностойкость
 - Сопротивляемость протяженным разрушениям (gas pipeline crack propagation resistance)



Требования по вязкости разрушения для газопроводов



Диаметр труб, мм	Проектное давление, МПа	Раскрытие в вершине трещины δ_c при температуре, равной минимальной температуре стенки трубы при эксплуатации, для подземной прокладки на участках I – II категорий, мм, не менее				
		K56	K60	K65	K70	K80
530	5,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	6,3	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
	7,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5
	8,3	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6
	9,8	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8
	11,8	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1
720	14,7	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6
	5,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	6,3	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6
	7,4	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8
	8,3	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1
	9,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4
820	11,8	2,4	2,3	2,2	2,1	1,9
	14,7	3,4	3,3	3,1	3,0	2,8
	5,4	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7
	6,3	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8
	7,4	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0
	8,3	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3
1020	9,8	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7
	11,8	2,9	2,8	2,7	2,6	2,4
	14,7	4,2	4,0	3,8	3,6	3,4
	5,4	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
	6,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0
	7,4	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3
1220	8,3	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
	9,8	2,6	2,5	2,4	2,3	2,1
	11,8	3,6	3,5	3,3	3,2	2,9
	14,7	5,2	5,0	4,7	4,5	4,2
	5,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1
	6,3	1,7	1,6	1,5	1,5	1,3
1420	7,4	2,1	2,1	2,0	1,9	1,7
	8,3	2,7	2,6	2,5	2,4	2,2
	9,8	3,6	3,4	3,3	3,1	2,8
	11,8	5,0	4,8	4,6	4,4	4,0
	14,7	7,1	6,8	6,5	6,2	5,8
	5,4	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3
1420	6,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8
	7,4	2,8	2,7	2,6	2,5	2,3
	8,3	3,6	3,5	3,3	3,2	2,9
	9,8	4,7	4,5	4,3	4,1	3,8
	11,8	6,5	6,3	6,0	5,7	5,3
	14,7	9,3	8,9	8,5	8,2	7,6

Диаметр труб, мм	Проектное давление, МПа	Раскрытие в вершине трещины δ_c при температуре, равной минимальной температуре стенки трубы при эксплуатации, для подземной прокладки на участках категории В, мм, не менее				
		K56	K60	K65	K70	K80
530	5,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
	6,3	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
	7,4	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6
	8,3	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
	9,8	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0
	11,8	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3
720	14,7	2,4	2,3	2,2	2,1	1,9
	5,4	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6
	6,3	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8
	7,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0
	8,3	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3
	9,8	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7
820	11,8	2,9	2,8	2,7	2,6	2,4
	14,7	4,2	4,0	3,8	3,7	3,4
	5,4	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
	6,3	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
	7,4	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2
	8,3	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
1020	9,8	2,6	2,5	2,3	2,2	2,1
	11,8	3,6	3,4	3,3	3,1	2,9
	14,7	5,1	4,9	4,7	4,5	4,2
	5,4	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9
	6,3	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2
	7,4	1,9	1,8	1,7	1,7	1,5
1220	8,3	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0
	9,8	3,2	3,0	2,9	2,8	2,6
	11,8	4,4	4,3	4,1	3,9	3,6
	14,7	6,4	6,1	5,8	5,6	5,2
	5,4	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3
	6,3	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7
1420	7,4	2,6	2,5	2,4	2,3	2,1
	8,3	3,4	3,2	3,1	3,0	2,7
	9,8	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6
	11,8	6,1	5,9	5,6	5,4	5,0
	14,7	8,7	8,4	8,0	7,6	7,1
	5,4	2,0	1,9	1,9	1,8	1,6
1420	6,3	2,7	2,6	2,5	2,4	2,2
	7,4	3,5	3,4	3,2	3,1	2,8
	8,3	4,4	4,3	4,1	3,9	3,6
	9,8	5,8	5,5	5,3	5,1	4,7
	11,8	8,0	7,7	7,4	7,0	6,5
	14,7	11,4	10,9	10,5	10,0	9,3



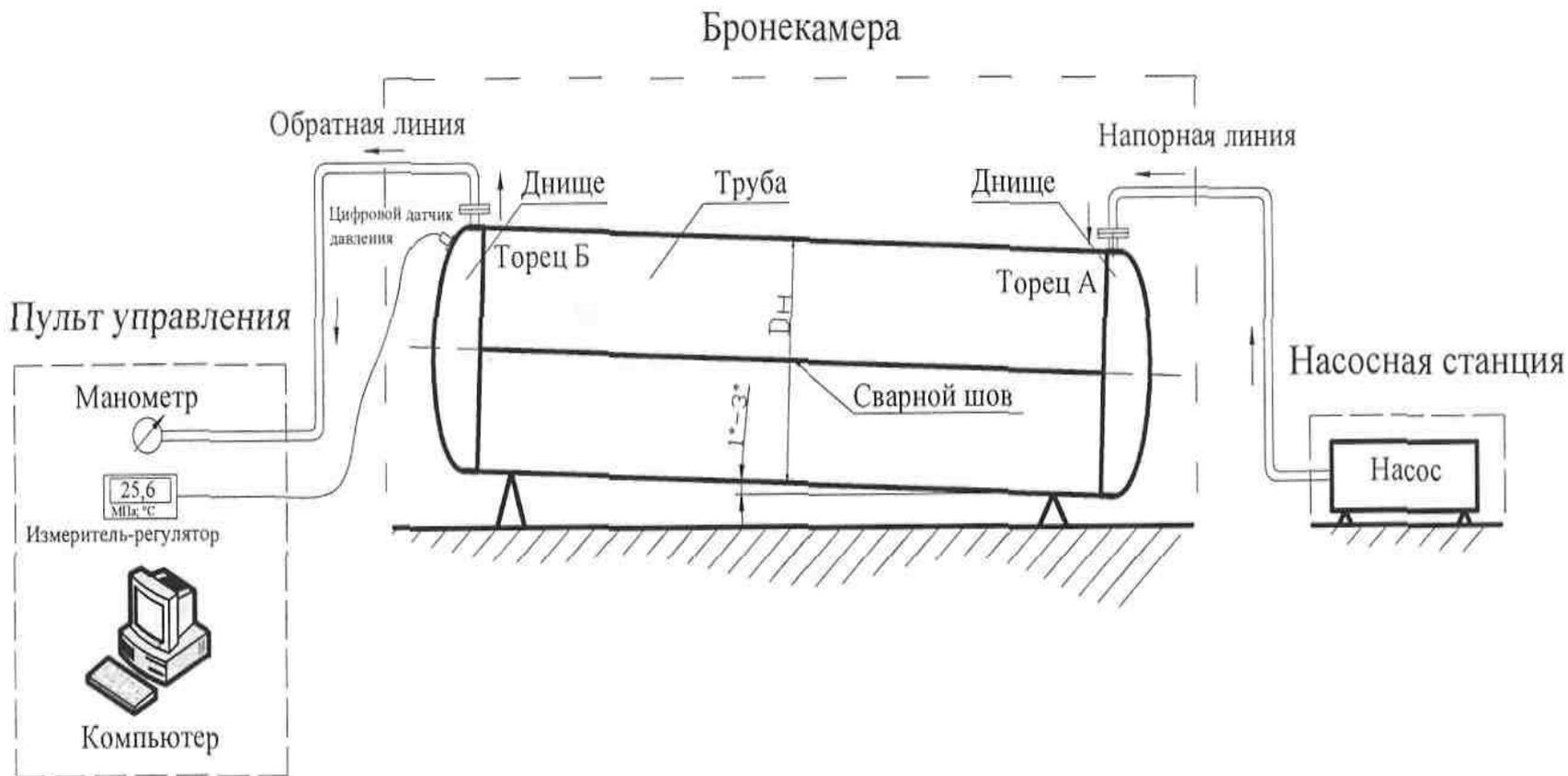
Методики натуральных испытаний



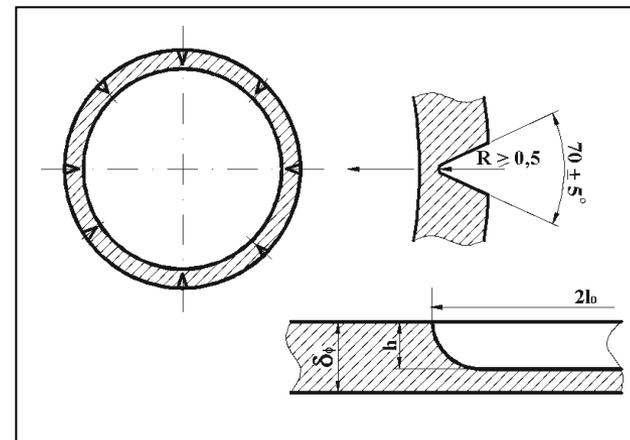
- **СТО ВНИИСТ 01297858 0.0024.0-2007**
«Натурные испытания труб с надрезом с целью определения характеристик статической трещиностойкости металла (вязкости разрушения) в конструкции трубы. Программа и методика испытаний»
- **СТО ВНИИСТ 01297858 0.0018.0-2007**
«Полигонные испытания труб для оценки конструктивной прочности. Программа и методика испытаний»



Испытательный стенд



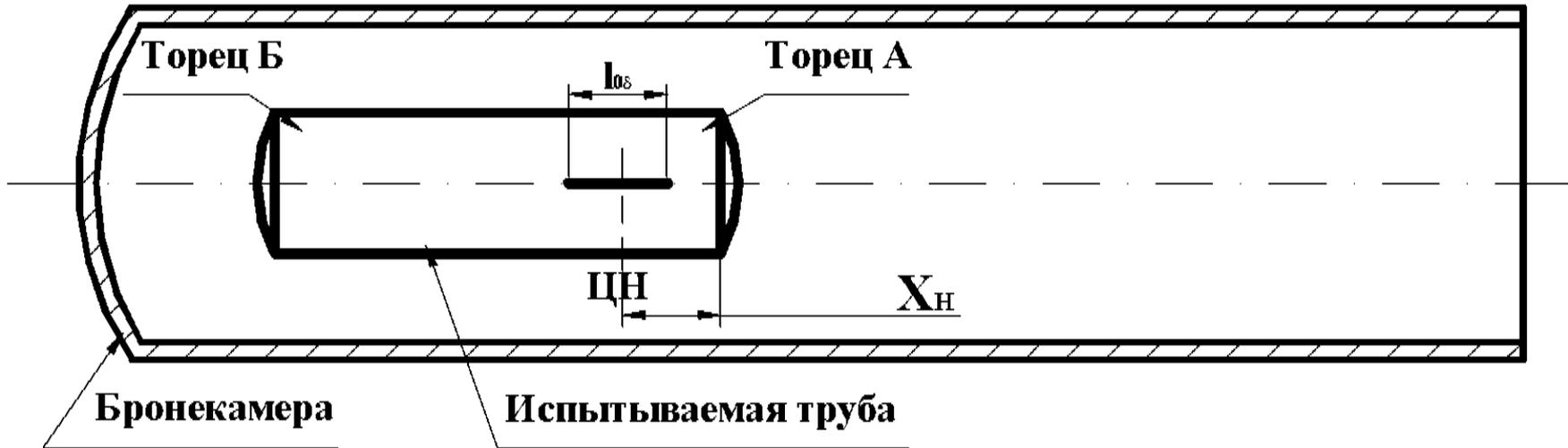
Подготовка образца трубы



Параметры надреза



Размещение испытываемого образцы трубы в бронекамере



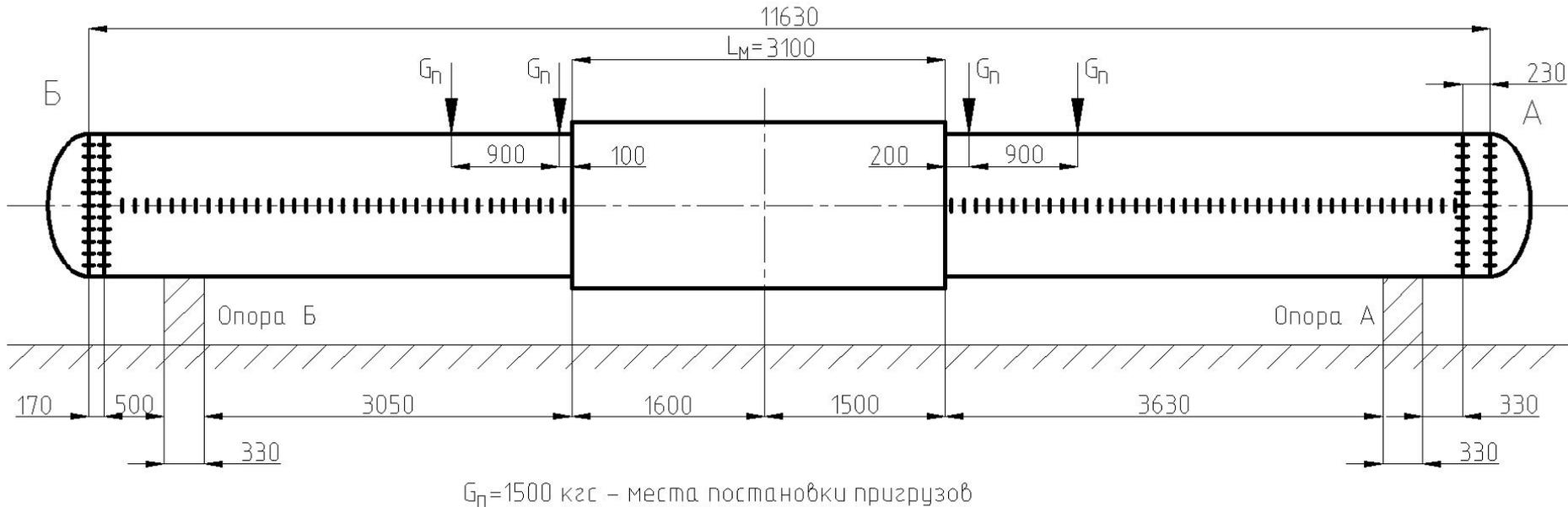


Бронекамера с испытываемой ремонтной конструкцией





Схема испытания ремонтной конструкции на выносливость



Совместное действие внутреннего пульсирующего давления и статического изгиба



Испытание на выносливость композитной ремонтной муфты





Труба с надрезом

Труба без надреза



Примеры испытаний труб и ремонтных конструкций



1. Испытания труб $\varnothing 1220 \times 15,0$ мм класса прочности X100 (K80) в рамках выполнения государственного инвестиционного проекта «Магистраль» по созданию высокопрочных и высоковязких труб нового поколения (июль 2010). Полученные показатели вязкости разрушения: $K_C = 593 \text{ МПа} \sqrt{\text{м}}$ и $\delta_C = 1,00 \text{ мм}$ превышают минимально установленные значения **400 МПа $\cdot \sqrt{\text{м}}$** и **0,60 мм**, соответственно
2. Подтверждение соответствия требованиям ремонтной конструкции, изготовленной по композитно-муфтовой технологии (ноябрь 2010). Конструкция выдержала 10 000 циклов



Программа испытаний труб и ремонтных конструкций - 2011



- **Испытания на конструктивную прочность электросварных обсадных труб**
- **Испытания на конструктивную прочность обетонированных труб для магистральных газопроводов**
- **Испытания на трещиностойкость и конструктивную прочность высокопрочных и высоковязких труб нового поколения**
- **Испытания различного типа ремонтных конструкций для газопроводов**
- **Испытания на смятие обсадных труб при внешнем давлении**