

**ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ПОДЗЕМНЫХ И НАДЗЕМНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ**

В.Н. Румянцев - главный метролог-начальник центральной лаборатории



НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РФ **ГОСТ Р 54983-2012**

Системы газораспределительные.

СЕТИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Общие требования к эксплуатации. Эксплуатационная документация

6.2 Мониторинг технического состояния газопроводов

6.2.1 В процессе эксплуатации сети газораспределения должны выполняться следующие регламентные работы по мониторингу технического состояния газопроводов:

- проверка состояния охранных зон газопроводов;
- технический осмотр подземных и надземных газопроводов;
- техническое обследование подземных газопроводов;
- **оценка технического состояния подземных и надземных газопроводов;**
- техническое диагностирование подземных газопроводов.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РФ ГОСТ Р 54983-2012

Системы газораспределительные.

СЕТИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Общие требования к эксплуатации. Эксплуатационная документация

6.2.11 Оценка технического состояния стальных и полиэтиленовых газопроводов должна производиться в соответствии с методикой, утвержденной в установленном порядке и содержать **оценку технического состояния с расчетом величины риска и принятием решения о его допустимости.**

Сроки и периодичность проведения оценки технического состояния газопроводов (по ГОСТ Р 54983)

Наименование показателя	Сроки проведения оценки технического состояния газопроводов:	
	стальных подземных	полиэтиленовых и стальных надземных
Срок первого планового проведения после ввода в эксплуатацию	через 30 лет	через 40 лет
Периодичность последующего планового проведения, не реже	одного раза в 5 лет	одного раза в 10 лет
Случаи внепланового проведения	По решению владельца сети газораспределения	

Методики:

1. РД 204 РСФСР 3.3 – 87

Техническое состояние подземных газопроводов.

Общие требования. Методы оценки.

Гипрониигаз, Минжилкомхоз РСФСР, 01.07.1987г.

2. Методика оценки технического состояния сетей газораспределения и сооружений на них

АО «Газпром газораспределение Тамбов», 2015г.

3. Методика оценки технического состояния стальных и полиэтиленовых газопроводов. Р ГАЗПРОМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ 2.11-2016

ОАО «Гипрониигаз», Утверждены и введены в действие Распоряжением ООО «Газпром межрегионгаз» от 09.03.2016г. №81-Р/8 (на 3 года)

**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ГАЗПРОМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ»**

стандарт организации

**Проектирование, строительство и эксплуатация
объектов газораспределения и газопотребления**

**МЕТОДИКА
ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
СТАЛЬНЫХ И ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ГАЗОПРОВОДОВ**

Р ГАЗПРОМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ 2.11-2016

Издание официальное

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2016**

1 Область применения

1.1 Настоящие рекомендации применяют в целях обеспечения применения технического регламента [1] и ГОСТ Р 54983.

1.2 Настоящие рекомендации устанавливают порядок и методические положения проведения оценки технического состояния стальных и полиэтиленовых газопроводов.

Результаты оценки технического состояния используются:

- при планировании ремонтов или других мероприятий по повышению безопасности и надёжности газопроводов;
- при определении необходимости проведения технического диагностирования подземных газопроводов;
- при принятии решения о выводе из эксплуатации участков газопроводов в связи с достижением предельного состояния.

4 Общие положения

4.1 Организацию и проведение работ по оценке технического состояния газопровода осуществляет ГРО собственными силами.

4.2 Оценку технического состояния газопровода проводит экспертная комиссия, состав которой определяет ГРО и утверждает владелец сети газораспределения.

Рекомендации по составу экспертной комиссии и квалификации:

- начальник (заместитель начальника) производственно-эксплуатационного участка – руководитель работ;
- мастер производственно-эксплуатационного участка;
- инженер по эксплуатации и ремонту газопроводов;
- слесарь по эксплуатации и ремонту газопроводов (разряд не ниже 4);
- другие специалисты, необходимые для проведения оценки технического состояния (при необходимости).

4.4 Исходными данными, необходимыми для проведения оценки технического состояния газопровода, являются систематизированные результаты регламентных работ по мониторингу, выполняемых при эксплуатации сети газораспределения в соответствии с ГОСТ Р 54983:

- проверки состояния охранных зон газопровода;
- технического осмотра (осмотра технического состояния);
- технического обследования подземного газопровода;
- оценки технического состояния газопровода (проведенной ранее);
- внепланового технического диагностирования подземного газопровода (в тех случаях, когда такое диагностирование проводилось в соответствии с требованиями ГОСТ Р 54983).

Критерии оценки технического состояния стальных и полиэтиленовых газопроводов

Критерием оценки технического состояния стальных и полиэтиленовых газопроводов для целей настоящего стандарта должно быть соотношение рассчитанных величин риска отказов, обусловленных техническим состоянием газопроводов :

1. Риска отказа газопровода в интервалах между плановыми оценками его технического состояния - $R^{ТС}$;
2. Риска отказа после проведения капитального ремонта (реконструкции) газопровода (участка газопровода) - $R^{ПР}$

$$R^{ТС} \quad \&\& \quad R^{ПР}$$

Принятие решения по оценке технического состояния подземных и надземных газопроводов

Соотношение R^{TC} и R^{PP}	Оценка технического состояния газопровода	Принимаемое решение
$R^{TC} < 0,2R^{PP}$	Работоспособное	Дальнейшая эксплуатация продлевается до следующей процедуры оценки технического состояния с проведением технического обслуживания и текущего ремонта
$0,2R^{PP} \leq R^{TC} < 0,8R^{PP}$	Частично неработоспособное	Дальнейшая эксплуатация продлевается до следующей процедуры оценки технического состояния с проведением технического обслуживания, текущего и/или капитального ремонта
$0,8R^{PP} \leq R^{TC} \leq R^{PP}$	Неработоспособное	Определяется необходимость и срок проведения технического диагностирования, по результатам которого устанавливается предельный срок дальнейшей эксплуатации подземного газопровода*
$R^{TC} > R^{PP}$	Предельное	Газопровод (участок газопровода) выводится из эксплуатации с проведением консервации и утилизации (ликвидации)

Алгоритм оценки технического состояния газопроводов

1 Сбор и систематизация данных мониторинга технического состояния подземного газопровода

2 Балльная оценка факторов, характеризующих техническое состояние газопровода и учет совместного их влияния

3 Расчет вероятности отказов и величины риска отказов, обусловленных техническим состоянием газопровода

4 Анализ риска отказов и оценка технического состояния газопровода

5 Принятие решения о дальнейшей эксплуатации

Анализ
технической
документации

$$B_{ГП} = \sum_{i=1}^I \alpha_i \cdot \sum_{j=1}^J \beta_{ij} \cdot b_{ijk}$$

$$\omega_i^{TC} = \omega_i^{CP} \cdot \frac{B_{ГП}^{CB}}{B^{CP}},$$

$$R^{TC} = L_{ГП} \cdot \Delta T_{OTC} \cdot \sum_{i=1}^I z_{Pi}^{TP} \cdot \omega_i^{TC} + Y_{AB}^{\Sigma} \cdot P_{AB}^{TC}$$

$$R^{IP} = L_{ГП} \left[z_{ТД} + \delta_{вч} (z_{ПНР} \cdot k_{ПНР} + z_{СМР}^{KP}) + \Delta T_{OTC} \sum_{i=1}^I z_{Pi}^{TP} \cdot \omega_i^{IP} \right] + Y_{AB}^{\Sigma} \cdot P_{AB}^{IP}$$

Работоспособное
Частично не
работоспособное
Не работоспособное
Предельное

Сбор и систематизация данных мониторинга технического состояния подземного газопровода

Исходные данные, необходимые и достаточные для проведения оценки технического состояния конкретного газопровода, формируют путём сбора и систематизации имеющихся в ГРО результатов мониторинга технического состояния данного газопровода:

Перечень исходных данных, сформированных на основании результатов мониторинга:

1 Конструктивно-технологические показатели	
Протяженность газопровода (участка газопровода), км	Эксплуатационный паспорт газопровода
Наружный диаметр газопровода, мм	
Толщина стенки газопровода, мм	
Расчетное давление газа в газопроводе, МПа	
2 Внешние условия	
Опасное влияние блуждающих токов	
Коррозионная агрессивность грунтов	
Место прокладки газопровода	Акт шурфового обследования подземного газопровода
Количество пересечений и параллельной прокладки газопровода с дорогами и инженерными коммуникациями	
3 Определяющие параметры технического состояния газопровода	
Адгезии изоляционного покрытия	
Переходное сопротивление изоляционного покрытия;	Эксплуатационный журнал газопроводов по маршруту
Защищённость участка газопровода по времени средствами ЭХЗ;	
Ударная вязкости металла трубы	Акт технического обследования подземного газопровода
Нарушения ограничений, установленных в охранной зоне газопровода	
4 Выявленные дефекты и повреждения	
Сквозные коррозионные повреждения (СКП) металла трубы газопровода:	
Повреждения изоляционного покрытия (ПИП):	

Балльная оценка факторов, характеризующих техническое состояние газопровода и учет совместного их влияния

Интегральную балльную оценку технического состояния газопровода $B_{ГП}$ следует определять по формуле:

$$B_{ГП} = \sum_{i=1}^I \alpha_i \cdot \sum_{j=1}^J \beta_{ij} \cdot b_{ijk}$$

α_i - весовая доля i -той группы факторов в интегральной балльной оценке, доли единицы;

β_{ij} - весовая доля j -того фактора в i -той группе, доли единицы;

b_{ijk} - числовое значение балльной оценки j -того фактора в i -той группе, в зависимости от степени влияния оцениваемого фактора на техническое состояние подземного газопровода принимается в диапазоне от 0 до 10.

Величину балльной оценки технического состояния газопровода с учётом различных сочетаний (комбинаций) влияющих факторов следует определять по формуле:

$$B_{ГП}^{CB} = B_{ГП} \cdot k^{CB}$$

Балльная оценка факторов, характеризующих техническое состояние стальных подземных газопроводов

Наименование группы факторов	Доля группы α_i	Наименование фактора	Доля фактора в группе β_{ij}	Фактическое состояние фактора	Балл b_{ijk}	Балльные оценки факторов газопровода при двух вариантах эксплуатации:		
						на срок до очередной оценки технического состояния газопровода	после проведения капитального ремонта (реконструкции) газопровода	
Конструктивно-технологические показатели	0,014	Протяженность газопровода, км	0,106	до 0,1	1	10	10	
				свыше 0,1 до 0,5	2			
				свыше 0,5 до 1,0	3			
				свыше 1,0 до 2,0	5			
		Наружный диаметр газопровода, мм	0,171	до 100	1	10	10	
				свыше 100 до 350	5			
				свыше 350	10			
		Толщина стенки газопровода, мм	0,276	до 4	10	10	10	
				свыше 4 до 10	5			
				свыше 10	1			
		Расчётное давление газа в газопроводе, МПа	0,447	до 0,005	1	10	10	
				свыше 0,005 до 0,3	3			
свыше 0,3 до 0,6	6							
свыше 0,6 до 1,2	9							
Выявленные дефекты и повреждения	0,831	Сквозные коррозионные повреждения (СКП) металла трубы газопровода:						
		- общее количество мест СКП, выявленных с начала эксплуатации газопровода, шт.;	0,737	нет	0	10	0	
				от 1 до 2	2			
				от 2 до 5	5			
				от 5 до 10	9			
		- рост количества СКП, выявленных за последние 5 лет по сравнению с предыдущим 5-летием	0,189	свыше 10	10	10	0	
				отсутствует	0			
		Повреждения изоляционного покрытия (ПИП):						
		- общее количество мест ПИП, выявленных с начала эксплуатации газопровода, шт.;	0,042	нет	0	10	0	
				от 1 до 20	2			
				от 20 до 80	6			
				свыше 80	10			
- рост количества ПИП за последние 5 лет по сравнению с предыдущим 5-летием	0,032	вода под изоляцией	10	10	0			
		отсутствует	0					
		имеет место	10					
Интегральная балльная оценка технического состояния газопровода $V_{гп}$						10,000	0,365	
Коэффициент, учитывающий совместное влияние различных факторов при их возможных сочетаниях k^{CB}						8,5	1,0	
Балльная оценка технического состояния газопровода с учётом различных сочетаний (комбинаций) влияющих факторов $V_{гп}^{CB}$						85,000	0,365	

Учёт совместного влияния различных факторов на техническое состояние газопроводов

Наименование показателей	Возможное сочетание влияющих факторов					
	весьма благоприятно е	благоприятно е	удовлетворительное	неудовлетворительное	опасное	чрезвычайно опасное
Конструктивно-технологические показатели						
Протяженность газопровода свыше 1 км	нет	нет	да	нет	да	да
Наружный диаметр газопровода свыше 100 мм	нет	нет	да	нет	да	да
Внешние условия						
Опасное влияние блуждающих токов	нет	нет	нет	да	да	да
Высокая коррозионная агрессивность грунтов	нет	да	да	нет	да	да
Прохождение газопровода через застроенную часть поселений	нет	да	да	да	да	да
Определяющие параметры технического состояния газопровода						
- адгезии изоляционного покрытия;	да	нет	да	нет	да	нет
- переходного сопротивления изоляционного покрытия;	да	да	да	нет	нет	нет
- защищенности газопровода по времени средствами ЭХЗ;	да	да	нет	нет	да	нет
- ударной вязкости металла трубы.	да	да	да	да	да	нет
Выявленные дефекты и повреждения						
Сквозные коррозионные повреждения (СКП):						
- выявлены за время эксплуатации газопровода;	нет	нет	нет	нет	да	да
- количество СКП возросло за последние 5 лет по сравнению с предыдущим 5-летием	нет	нет	нет	нет	нет	да
Повреждения изоляционного покрытия (ПИП):						
- выявлены за время эксплуатации газопровода;	нет	да	да	да	да	да
- количество ПИП возросло за последние 5 лет по сравнению с предыдущим 5-летием	нет	нет	да	да	да	да
Коэффициент k_{CB}, учитывающий совместное влияние различных факторов при их возможных сочетаниях						
	1,0	3,0	5,0	7,0	8,5	10,0

Расчёт прогнозных значений параметров потоков отказов, обусловленных техническим состоянием газопровода

Основные отказы, обусловленные техническим состоянием подземных и надземных газопроводов

Газопроводы	Признаки нарушения работоспособного состояния газопровода	Обозначение параметра потока отказов
Стальные подземные газопроводы	Сквозные коррозионные повреждения (СКП) металла трубы газопровода	$\omega_{СКП}^{ТС}$
	Повреждения изоляционного покрытия (ПИП) газо-провода	$\omega_{ПИП}^{ТС}$
Полиэтиленовые газопроводы	Сквозные повреждения (СП) труб (кроме механических повреждений труб при проведении земляных работ в охранной зоне газопровода)	$\omega_{СП}^{ТС}$
	Дефекты сварных соединений (ДСС) газопровода	$\omega_{ДСС}^{ТС}$
Надземные стальные газопроводы	Коррозионные повреждения газопровода (КПГ) – на поверхности трубы, на участках опирания на опоры, в местах входа и выхода из земли	$\omega_{КПГ}^{ТС}$
	Повреждения газопровода и опор (ПГО) – вибрации, сплющивания, смещения газопровода относительно проектного положения по вертикали и/или горизонтали; просадка, изгиб и повреждения опор	$\omega_{ПГО}^{ТС}$

$$\omega_i^{ТС} = \omega_i^{СР} \cdot \frac{B_{ГП}^{СВ}}{B^{СР}},$$

$\omega_i^{СР}$ - среднестатистическое значение параметра потока отказов на сетях газораспределения, отказ/ (км·год);

Оценка вероятности возникновения аварии в результате утечки газа из подземных и надземных газопроводов

$$P_{AB} = P_{\Sigma}^{ym} \cdot (1 - P_{\Sigma}^M) \cdot p_{заг} \cdot p_{взг}$$

$$P_{\Sigma}^{ym} = 1 - (1 - p_{скп}^{ym}) \cdot (1 - p_{мн}^{ym}) \cdot (1 - p_{рс}^{ym}) \cdot (1 - p_{пр}^{ym})$$

$$p_i^{ym} = 1 - \exp(-\omega_i^{ym} \cdot L_{ГП} \cdot \Delta T_{отс})$$

$$\omega_{скп}^{ym} = \omega_{скп}^{ср} \cdot \frac{B_{ГП}^{св}}{B^{ср}}$$

Расчёт величины риска отказов, обусловленных техническим состоянием стальных и полиэтиленовых газопроводов

Риск отказа газопровода в интервалах между плановыми оценками его технического состояния

$$R^{TC} = L_{ГП} \cdot \Delta T_{ОТС} \cdot \sum_{i=1}^I Z_{Pi}^{TP} \cdot \omega_i^{TC} + Y_{AB}^{\Sigma} \cdot P_{AB}^{TC}$$

Риск отказа после проведения капитального ремонта (реконструкции) газопровода

$$R^{PP} = L_{ГП} \left[Z_{ТД} + \delta_{УЧ} \left(Z_{ПИР} \cdot k_{ПИР} + Z_{СМР}^{KP} \right) + \Delta T_{ОТС} \sum_{i=1}^I Z_{Pi}^{TP} \cdot \omega_i^{PP} \right] + Y_{AB}^{\Sigma} \cdot P_{AB}^{PP}$$

Принятие решения по оценке технического состояния подземных и надземных газопроводов

Соотношение R^{TC} и R^{PP}	Оценка технического состояния газопровода	Принимаемое решение
$R^{TC} < 0,2 R^{PP}$	Работоспособное	Дальнейшая эксплуатация продлевается до следующей процедуры оценки технического состояния с проведением технического обслуживания и текущего ремонта
$0,2 R^{PP} \leq R^{TC} < 0,8 R^{PP}$	Частично неработоспособное	Дальнейшая эксплуатация продлевается до следующей процедуры оценки технического состояния с проведением технического обслуживания, текущего и/или капитального ремонта
$0,8 R^{PP} \leq R^{TC} \leq R^{PP}$	Неработоспособное	Определяется необходимость и срок проведения технического диагностирования, по результатам которого устанавливается предельный срок дальнейшей эксплуатации подземного газопровода*
$R^{TC} > R^{PP}$	Предельное	Газопровод (участок газопровода) выводится из эксплуатации с проведением консервации и утилизации (ликвидации)

Утверждаю

Главный инженер филиала

Акт
оценки технического состояния подземного газопровода
от 12 января 2016 г.

1.	Место прокладки газопровода	г.Костерево		
2.	Давление газа расчётное, Мпа	0,3		
3.	Протяженность газопровода, км	1,2	наружный диаметр ,мм	133
4.	Материал газопровода	сталь	толщина стенки, мм	5

5.	Вероятность аварии в результате утечки газа из газопровода:			
	при продолжении эксплуатации газопровода до проведения очередной плановой оценки его технического состояния	P_{AB}^{TC}	0,00011770	
6.	Риск отказов, обусловленных техническим состоянием газопровода:			
	при продолжении эксплуатации газопровода до проведения очередной плановой оценки его технического состояния, руб.,	R^{TC}	2612780,77	
7.	Риск отказов, обусловленных техническим состоянием газопровода:			
	при возобновлении эксплуатации после проведения капитального ремонта газопровода (участка газопровода), руб.,	R^{PP}	2635786,03	

Балльная оценка факторов, характеризующих техническое состояние стальных подземных газопроводов

Наименование группы факторов	Доля группы	Наименование фактора	Доля фактора в группе	Фактическое состояние фактора	Балл	Балльные оценки факторов газопровода при двух вариантах эксплуатации:			
						на срок до очередной оценки технического состояния газопровода	после проведения капитального ремонта (реконструкции) газопровода		
Конструктивно-технологические показатели	0,014	Протяженность газопровода, км	0,106	до 0,1	1	5	5		
				свыше 0,1 до 0,5	2				
				свыше 0,5 до 1,0	3				
				свыше 1,0 до 2,0	5				
		Наружный диаметр газопровода, мм	0,171			свыше 2,0	10	5	5
						до 100	1		
						свыше 100 до 350	5		
		Толщина стенки газопровода, мм	0,276			свыше 350	10	5	5
						до 4	10		
						свыше 4 до 10	5		
		Расчётное давление газа в газопроводе, МПа	0,447			свыше 10	1	6	6
						до 0,005	1		
свыше 0,005 до 0,3	3								
свыше 0,3 до 0,6	6								
Выявленные дефекты и повреждения	0,831	Сквозные коррозионные повреждения (СКП) металла трубы газопровода:	0,737	нет	0	10	0		
				от 1 до 2	2				
				от 2 до 5	5				
				от 5 до 10	9				
				свыше 10	10				
		- общее количество мест СКП, выявленных с начала эксплуатации газопровода, шт.;	0,189			отсутствует	0	0	0
						имеет место	10		
		Повреждения изоляционного покрытия (ПИП):	0,042			нет	0	2	0
						от 1 до 20	2		
						от 20 до 80	6		
						свыше 80	10		
						вода под изоляцией	10		
- рост количества ПИП за последние 5 лет по сравнению с предыдущим 5-летием	0,032			отсутствует	0	10	0		
				имеет место	10				
Интегральная балльная оценка технического состояния газопровода $B_{гд}$						10,000	0,365		
Коэффициент, учитывающий совместное влияние различных факторов при их возможных сочетаниях k^{CB}						8,5	1,0		
Балльная оценка технического состояния газопровода с учётом различных сочетаний (комбинаций) влияющих факторов $B_{гд}^{CB}$						85,000	0,365		

Учёт совместного влияния различных факторов на техническое состояние газопроводов

Наименование показателей	Возможное сочетание влияющих факторов					
	весьма благоприятное	благоприятное	удовлетворительное	неудовлетворительное	опасное	чрезвычайно опасное
Конструктивно-технологические показатели						
Протяженность газопровода свыше 1 км	нет	нет	да	нет	да	да
Наружный диаметр газопровода свыше 100 мм	нет	нет	да	нет	да	да
Толщина стенки газопровода менее 4 мм	нет	да	да	да	нет	да
Давление газа рабочее свыше 0,3 МПа	нет	нет	нет	да	да	да
Внешние условия						
Опасное влияние блуждающих токов	нет	нет	нет	да	да	да
Высокая коррозионная агрессивность грунтов	нет	да	да	нет	да	да
Прохождение газопровода через застроенную часть поселений	нет	да	да	да	да	да
Наличие пересечений или параллельной прокладки газопровода с дорогами (автомобильными, железными) и инженерными коммуникациями	нет	нет	нет	да	да	да
Определяющие параметры технического состояния газопровода						
Соответствие проекту и нормативной документации фактического состояния:						
- адгезии изоляционного покрытия;	да	нет	да	нет	да	нет
- переходного сопротивления изоляционного покрытия;	да	да	да	нет	нет	нет
- защищенности газопровода по времени средствами ЭХЗ;	да	да	нет	нет	да	нет
- ударной вязкости металла трубы.	да	да	да	да	да	нет
Наличие нарушений ограничений, установленных в охранной зоне газопровода	нет	нет	да	да	да	да
Выявленные дефекты и повреждения						
Сквозные коррозионные повреждения (СКП):						
- выявлены за время эксплуатации газопровода;	нет	нет	нет	нет	да	да
- количество СКП возросло за последние 5 лет по сравнению с предыдущим 5-летием	нет	нет	нет	нет	нет	да
Повреждения изоляционного покрытия (ПИП):						
- выявлены за время эксплуатации газопровода;	нет	да	да	да	да	да
- количество ПИП возросло за последние 5 лет по сравнению с предыдущим 5-летием	нет	нет	да	да	да	да
Коэффициент $k_{св}$, учитывающий совместное влияние различных факторов при их возможных сочетаниях						
	1	3	5	7	8,5	10
Количество совпадений	13	10	10	6	9	4

Расчёт вероятности возникновения аварии на стальных подземных газопроводах при различных условиях их эксплуатации

$\omega_{скп}^{ср}$	$B^{ср}$	$B_{гн}$	$k_{св}$	$B_{гн}^{св}$	$\omega_{скп}^{ут}$	$L_{гн}$	$T_{отс}$	$p_{скп}^{ут}$	$\omega_{мп}^{ут}$	$p_{мп}^{ут}$	$\omega_{рс}^{ут}$	$p_{рс}^{ут}$	$\omega_{пр}^{ут}$	$p_{пр}^{ут}$	$P_{\Sigma}^{ут}$	$P_{\Sigma}^м$	$p_{заг}$	$p_{взг}$	$P_{ав}$
0,00228	0,4110837	10,000	8,5	85,00	0,47144	1,20	5	0,94091	0,00200	0,00995	0,00010	0,00050	0,00030	0,00150	0,9416106 15	0,9 5	0,05	0,05	0,00011770
0,00228	0,4110837	0,365	1,0	0,3652	0,00203	1,20	5	0,01208	0,00200	0,00995	0,00010	0,00050	0,00030	0,00150	0,0238624 37	0,9 5	0,05	0,05	0,00000298

Расчёт величины риска отказов, обусловленных техническим состоянием стальных подземных газопроводов

$B_{уч}$	$k_{св}$	$B_{уч}^{тс}$	$B^{ср}$	$\omega_{скп}^{ср}$	$\omega_{пип}^{ср}$	$L_{уч}$	$\omega_{скп}^{тс}$	$n_{скп}^{тс}$	$\omega_{пип}^{пр}$	$n_{пип}^{тс}$	$T_{отс}$	$Z_{скп}$	$Z_{пип}$	$Y_{ав}$	$R_{ав}^{тс}$	$R^{тс}$
-	-	-	-	1/км·год	1/км·год	км/уч.	1/км·год	шт./уч.	1/км·год	шт./уч.	год	руб/скп	руб/пип	руб	-	руб
10,000	8,5	85,00	0,411	0,00228	0,485	1,2	0,47144	2,8286	100,28	601,702	5	4 647	4 319	9 000 000	0,000118	2 612 781
$Z_{тд}$	$Z_{пир}$	$k_{пир}$	$L_{уч}$	$Z_{кр}$	$B_{уч}$	$k_{св}$	$B_{уч}^{пр}$	$\omega_{скп}^{пр}$	$n_{скп}^{пр}$	$\omega_{пип}^{тс}$	$n_{пип}^{пр}$	$R_{ав}^{пр}$			$R^{пр}$	
руб/км	руб/км	доли ед.	км	руб/км	-	-	-	1/км·год	шт./уч.	1/км·год	шт./уч.	-	-	-	руб	
30 000	1 297 000	0,5	1,2	1 513 408	0,178	1,0	0,178	0,00099	0,00592	0,21001	1,26004	0,000003	-	-	2 635 786	

Благодарю за внимание