

UDC 622.692.4

**EXPERIMENTAL STUDY OF CHANGES IN CONTACT RESISTANCE
OF UNDERGROUND PIPELINE COATINGS**

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ИЗМЕНЕНИЯ ПЕРЕХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ
ПОКРЫТИЙ ТРУБОПРОВОДОВ**

Bei Wei, F.M. Mustafin, L.I. Bykov

FSBEI NPE "Ufa State Petroleum Technological University"

Ufa, the Russian Federation

Вэй Бэй, Мустафин Ф.М., Быков Л.И.

**ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа, Российская Федерация**

e-mail: weibei2012@mail.ru

Abstract. The purpose of this experimental study was to determine the reduction in contact resistance of underground pipeline coatings over time, as well as to analyze the effect of cathodic protection on pipeline coatings.

Investigation was carried out in the laboratories USPTU under normal conditions with the use of special facilities, developed on the basis of GOST R 5116 – 98 «Assessment of the contact resistance».

Experiment bears out that, CP current intensify the deterioration of the coating, i.e. from all experiments the use of cathodic protection about 100 times decreased the contact resistance of pipeline coatings during the first of operation, compared with operation without cathodic polarization. Therefore, it is requested to consider the necessity of applying cathodic protection on pipelines once again. In the operation of field pipelines special problems with external corrosion is not observed. Alternative means of electrochemical pipeline protection would be the use of anodic grounding according to patents №

125673 and № 146246 along the entire pipeline in the most dangerous places after appropriate investigations.

It is known that the negative effect of cathodic polarization on the properties of the metal pipeline is the magnetization of metal, the increasing speed of occurrence of Stress Corrosion Cracking (SCC) and others. In addition, in previous decades, many studies have found reduction of individual properties of the protective coating when applied cathodic polarization: it's a decrease in adhesion and an increase in water permeability and others. Now it's proven that integral R_{nep} decreases about 100 times in the first year of operation. Conducting large-scale field experiments will allow the industry to draw definitive conclusions.

Аннотация. В работе проведены экспериментальные исследования изменения переходного сопротивления (R_{nep}) защитных покрытий в первый год эксплуатации трубопровода с использованием катодной защиты и без неё. Определены общие процессы снижения переходного сопротивления защитных покрытий сразу после укладки и засыпки трубопроводов в лабораториях УГНТУ при нормальных условиях с использованием специальных установок и оборудования, разработанных на основе метода оценки переходного сопротивления по ГОСТ Р 5116 – 98. Осуществлен сравнительный анализ изменения переходного сопротивления при использовании катодной защиты и при её отсутствии, по результатам которого определено влияние катодной защиты на свойства защитных покрытий. Установлено, что электрохимическая защита (ЭХЗ) имеет значительное влияние на качество изоляции. Во время эксплуатации трубопроводов значение R_{nep} при использовании катодной защиты стало меньше, чем без применения ЭХЗ, т. е. ток катодной защиты увеличивает скорость снижения R_{nep} во время эксплуатации. На основе экспериментально полученных данных и дальнейшей их обработки было выявлено, что использование ЭХЗ примерно в 100 раз уменьшает значение R_{ne} по сравнению с эксплуатацией без катодной поляризации.

Таким образом, ещё раз предлагается рассмотреть вопрос о необходимости применения катодной защиты на магистральных трубопроводах. При эксплуатации промысловых трубопроводов особых проблем с внешней коррозией не отмечается.

Известно отрицательное влияние катодной поляризации на свойства металла труб – это намагничивание металла, увеличение скорости возникновения КРН и др. Кроме того, в предшествующие десятилетия многими исследованиями было доказано снижение отдельных защитных свойств изоляционных покрытий при применении катодной поляризации: это снижение адгезии и увеличение водопроницаемости и др. Теперь доказано и снижение интегрального показателя $R_{пер}$ в 100 раз за первый год эксплуатации. Проведение крупномасштабных отраслевых натурных экспериментов позволит сделать окончательные выводы.

Key words: mail pipeline, pipeline coating, contact resistance, cathodic protection, experiment.

Ключевые слова: трубопровод, защитное покрытие, переходное сопротивление, катодная защита, эксперимент.

The determination of the remaining life of pipeline coatings is important to make arrangements for capital repairs of pipelines with coating replacement. In accordance with Russian specification GOST R 51164-98, the limit lifetime of underground pipeline coatings is determined by time during which the contact resistance of coating decreases to $10^3 \Omega \cdot \text{m}^2$. The knowledge of variation in properties of pipeline coating over time allows carrying out an optimum select of coatings, their thickness and quantity of layers during the design of the concrete pipeline.

The purpose of experimental research is to study the changes of contact resistance of pipeline protective coatings in the first year of operation by using impressed current cathodic protection (CP) and its absence.

In accordance with GOST R 51164-98 "Steel pipelines. General requirements for corrosion protection" [1] to assess the contact resistance of pipeline coating, a mobile laboratory research of electrochemical protection is applied, equipment and devices of which must be electrically connected by the diagram (Figure 1).

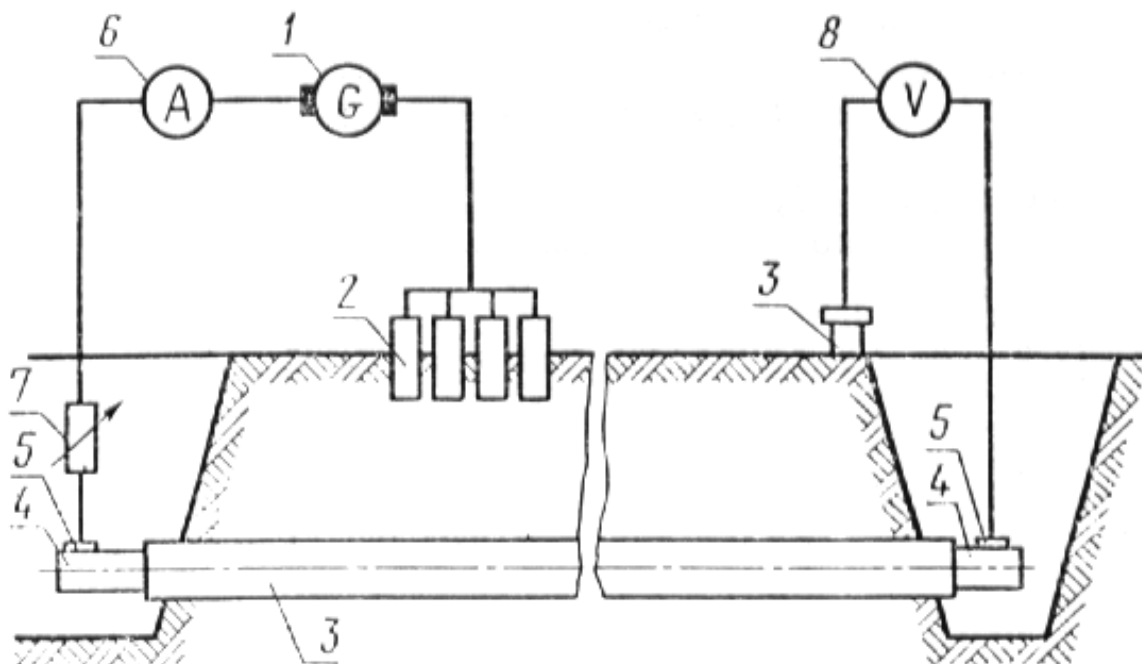


Figure 1. The scheme to determine the potential of pipe-soil and the contact resistance: 1 – constant current source; 2 – temporary Anodic grounding; 3 – isolated section of the pipeline for monitor; 4 – bare ends of the pipeline section; 5 – mechanical contacts; 6 – ammeter; 7 – resistor; 8 – voltmeter; 9 – copper sulfate reference electrode

Experimental studies were carried out in the laboratories of Ufa state petroleum technological University under normal conditions with the application of special facilities and equipment (Figures 2, 3), developed in the basis of the method for assessing contact resistance according to GOST R 5116-98 [1, 2].



Figure 2. The appearance of the installation of the experiment

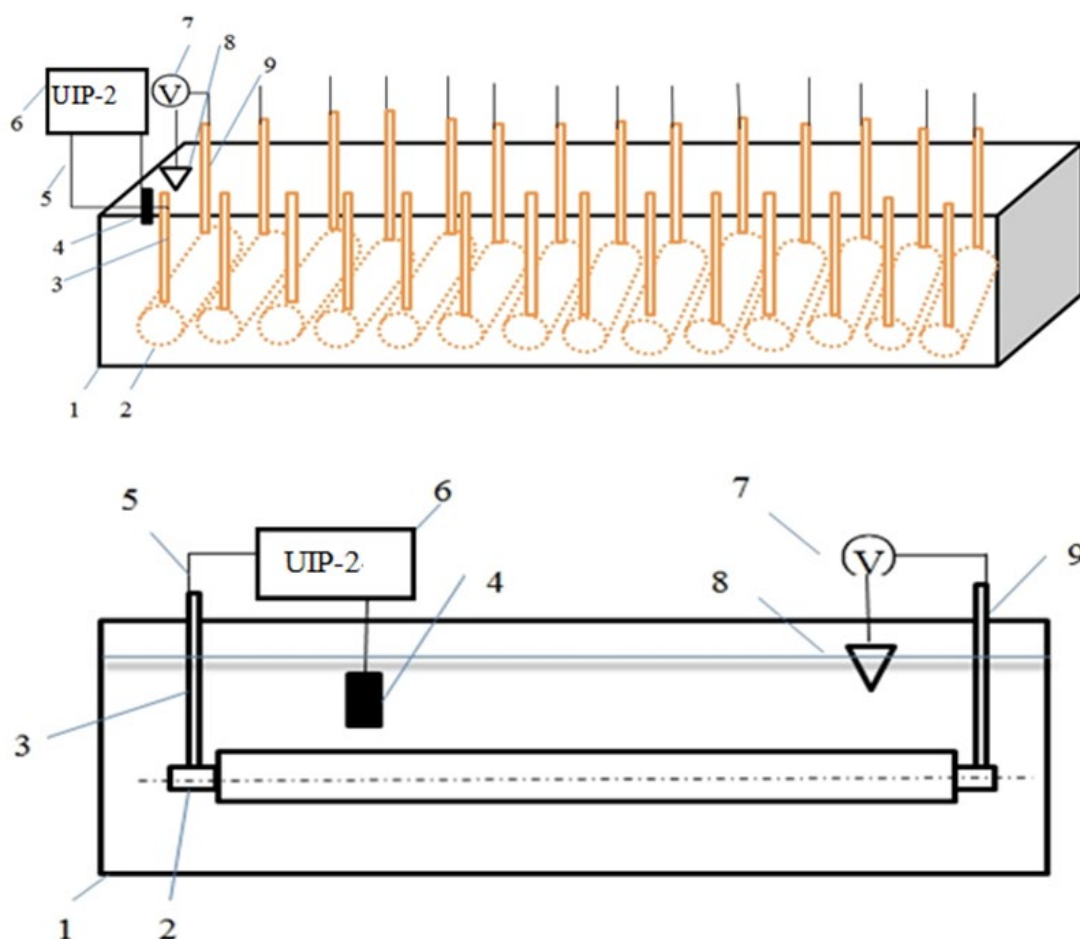


Figure 3. Diagram of Experimental installation:
 1– wooden trunk with the soil; 2 – pipeline sections with different protective coatings (Table 1); 3 – terminals for cathodic polarization; 4 – an anodic grounding; 5 – connecting wire; 6 – an universal external constant power source; 7 – voltmeter; 8 – copper-copper sulfate reference electrode; 9 – terminals for measuring potential

The object of the study are samples of steel pipes with a diameter of 0.55 m, length 0.5 m with various protective coatings, the description of which is presented in Table 1.

Table 1. Description of experimental objects

№ objects	Description of different coatings in experiment	t, mm	CODE
T1	1 layer polyethylene coating	0.6	PEPP1
T2	2 layers polyethylene coating	1.2	PEPP2
T3	Mill-applied polyethylene coating	2.4	ZavPE
T4	Mill-applied polyethylene coating with simulated damage (1cm * 1cm)	2.4	ZavPE _{IP}
T5	Mill-applied polyethylene coating with increased thickness	3.6	ZavPE3.6
T6	1 layer heat-shrinkable coating	2.5	TU1
T7	2 layers heat-shrinkable coating	5.0	TU2
T8	1 layer heat-shrinkable coatings with CP	2.5	TU1 _{EHZ}
T9	1 layer of heat-shrinkable coatings with variable thickness	2.5	TU1 _{PT}
T10	2 layers of polyethylene coating with CP	1.2	PEPP2 _{EHZ}
T11	Mill-applied polyethylene coating with CP	2.4	ZavPE _{EHZ}
T12	Mill-applied polyethylene coating with simulated damage (1cm * 1cm) and with CP	2.4	ZavPEIP _{EHZ}
T13	2 layers polyethylene coating with variable thickness	1.2	PEPP2 _{PT}
T14	Mill-applied polyethylene coating with variable thickness	2.4	ZavPE _{PT}

Research plan:

1. Measurement of contact resistance of protective coatings of each object in accordance with the methodology shown in GOST R 5116-98.
2. Definition of variation of contact resistance of oil and gas pipeline protective coatings in the first year of operation.
3. Experimental determination of the influence of cathodic protection on the property change of pipeline protective coatings.

The principal methods of mitigating corrosion on underground pipelines are coatings and cathodic protection (CP). Quality comprehensive protection is estimated by the contact resistance, which characterizes the state of a coating and allows to define the expenditures of current for cathodic protection.

Decrease in contact resistance of pipeline coatings over time in the general case is shown in Figure 4. Changes in the properties of pipeline protective

coating due to processes of aging lead to a gradual monotonic decrease in its contact resistance. Establishing regularities of changes over time of the contact resistant of the pipeline insulating coatings allows to effectively address issues of quality construction and reliable operation of the pipelines by optimizing the coating.

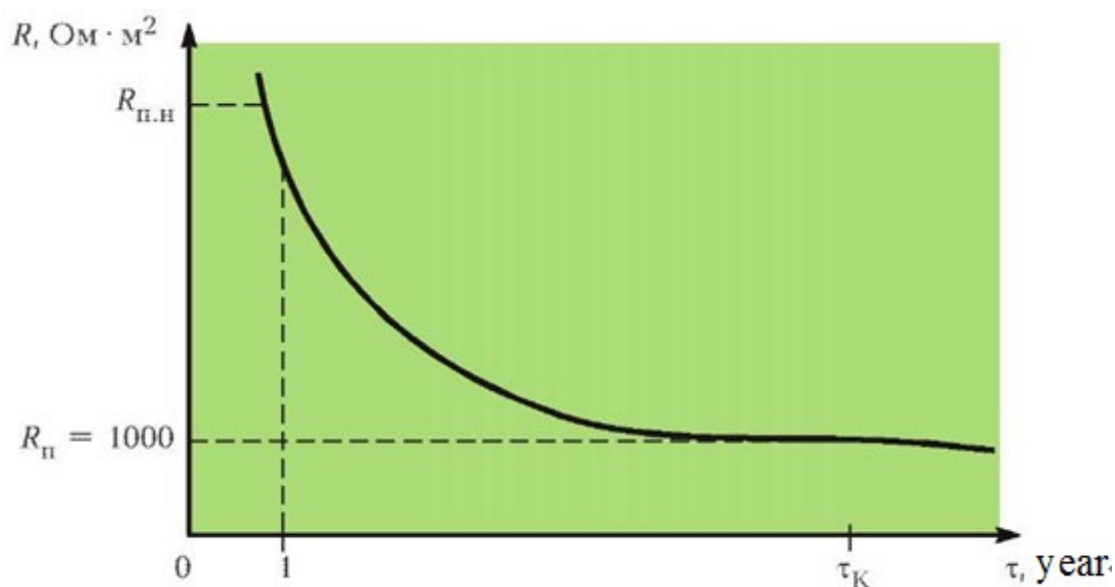


Figure 4. Decrease in contact resistance of pipeline coatings over time

Based on experimentally obtained data and its further processing, graphs have been built to show the changes in contact resistance of protective coatings from the moment immediately after lying and backfilling pipelines, which are presented in Figure 5.

As can be seen, these graphs (Figure 5) are divided into 3 areas.

In region “a” for approximately more than 5 months ($t = 161$ days) since the beginning of pipeline operation the contact resistance is maintained at the initial value – about $10^{13} \Omega \cdot m^2$, while the electrical circuit pipe-coating-electrolyte is not formed.

In region “b” after more than 5 months of operation the molecular chain of the natural soil electrolyte enters the microdefects in pipeline protective coatings, and electrical contact pipe-soil becomes stable [3, 4]. The reduction

speed of contact resistance increases sharply until the formation of relatively stable electrical contact between the pipeline and the soil electrolyte.

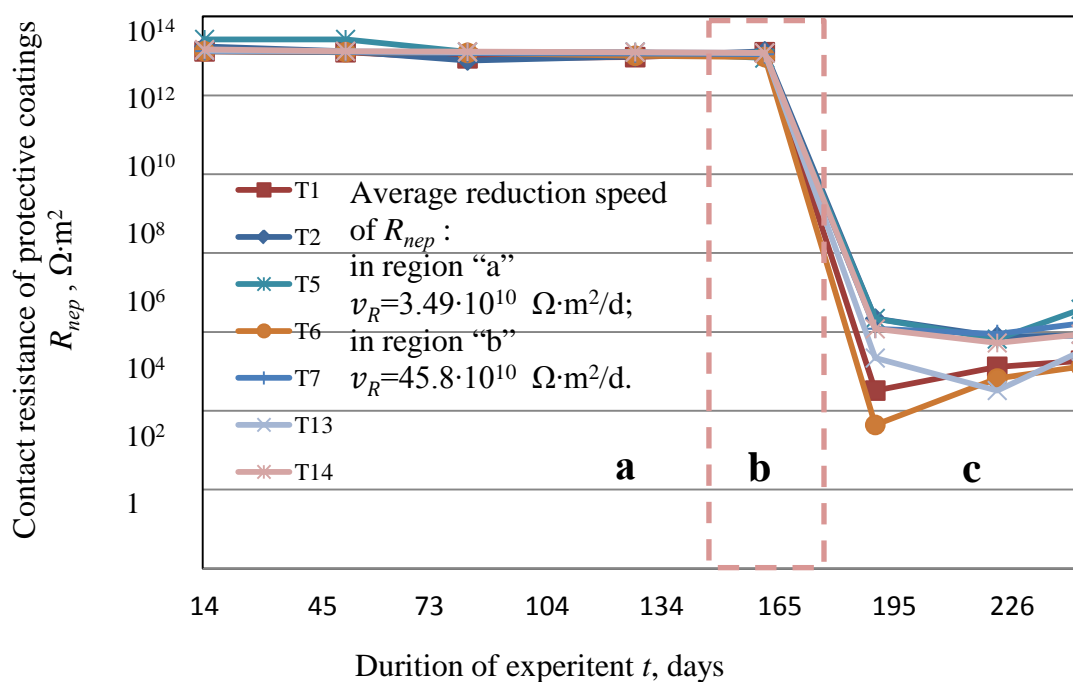


Figure 5. Changes in contact resistance of different experimental objects over time

In region “c” after 6 months of operation contact resistance of protective coating varies slightly and in general decreases over time. In terms of predicting changes in the properties of protective coatings area “c” has a high practical significance. The decrease in the contact resistance indicates the deterioration of the protective coating. The value of contact resistance in the zone “c” depends on many factors, including insulation material, the thickness of the coating, the presence of cathodic protection and other [5, 6].

Further studies have been conducted on the effect of cathodic protection on changes of contact resistance (Figure 6).

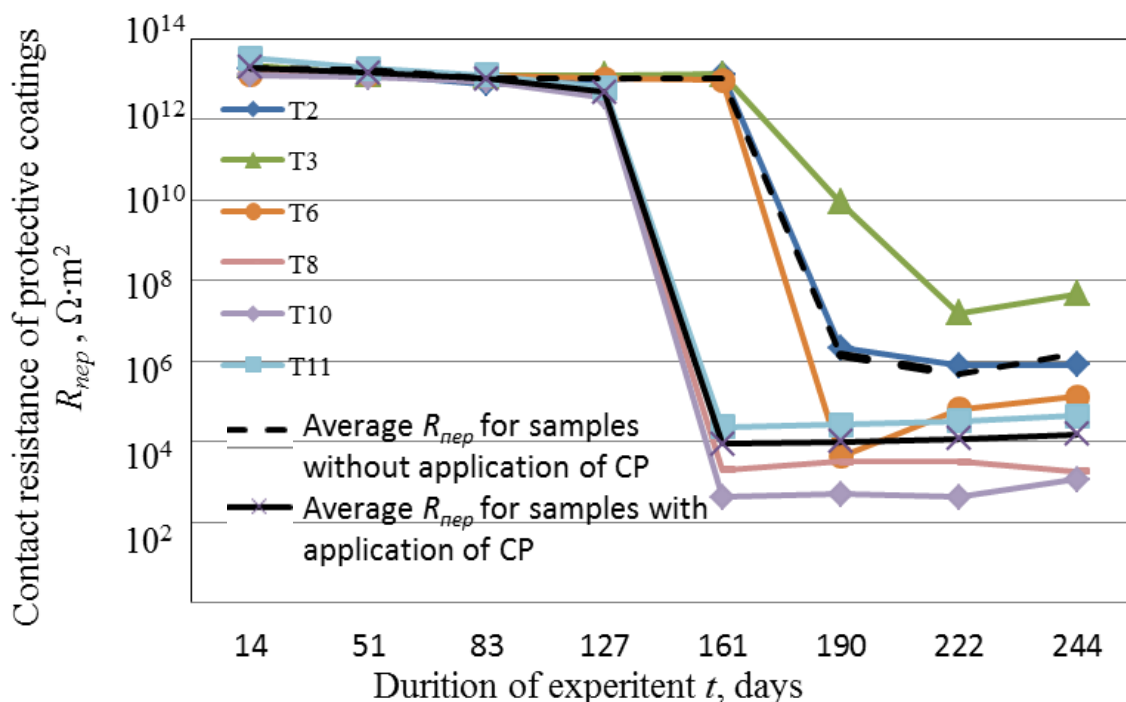


Figure 6. Effect of cathodic protection on changes of contact resistance of pipeline coatings

Through the use of CP, we observed:

Firstly, the stabilization the contact resistance of pipeline coating is achieved for a month faster, i.e. the current of cathodic protection increases the speed of reduction R_{nep} during operation. The average reduction speed of R_{nep} during the experiment (Table 2) was $9.26 \cdot 10^{10} \Omega \cdot \text{m}^2/\text{d}$, while for samples without cathodic protection – $7.69 \cdot 10^{10} \Omega \cdot \text{m}^2/\text{d}$. Each velocity value in the Table 2 represents the average of several values. Thus, the application of cathodic polarization, approximately, by about 20.4% increases the speed of decrease R_{nep} or in absolute terms by the value of $1.57 \cdot 10^{10} \Omega \cdot \text{m}^2/\text{d}$.

Table 2. Average reduction speed of contact resistance $v(R_{nep}) \quad \Omega \cdot \text{m}^2/\text{d}$

№ objects	Samples without application of CP			Samples with application of CP		
	T2	T3	T6	T10	T11	T8
CODE	PEPP2	ZavPE	TU1	PEPP2 _{EHZ}	ZavPE _{EHZ}	TU1 _{EHZ}
$v(R_{nep})$	8.38	8.11	6.58	4.67	5.15	18.0
\bar{v}	7.69			9.26		

Secondly, the average value in the area “c” is relatively lower (Table 3).

The experience confirmed that because of the application of cathodic protection, R_{nep} of pipeline coating during operation is decreased. The initial average R_{nep} of all experimental samples was approximately – $1.3 \cdot 10^{13} \Omega \cdot m^2$. But over one year the average contact resistance for pipes without the use of CP decreased to $1.17 \cdot 10^6 \Omega \cdot m^2$, and for pipes with cathodic protection – $1.16 \cdot 10^4 \Omega \cdot m^2$. Thus, the application of cathodic polarization, about 100 times reduces the contact resistance of pipeline protective coatings.

Table 3. Average contact resistance of experimental pipeline coatings $\Omega \cdot m^2$

№ objects	Samples without application of CP			Samples with application of CP		
	T2	T3	T6	T10	T11	T8
CODE	PEPP2	ZavPE	TU1	PEPP2 _{EHZ}	ZavPE _{EHZ}	TU1 _{EHZ}
Initial R_{nep}^H	$1.21 \cdot 10^{13}$	$1.73 \cdot 10^{13}$	$1.14 \cdot 10^{13}$	$8.93 \cdot 10^{12}$	$1.75 \cdot 10^{13}$	$9.62 \cdot 10^{12}$
Stable R_{nep}^C	$1.25 \cdot 10^6$	$2.20 \cdot 10^6$	$6.68 \cdot 10^4$	$6.30 \cdot 10^2$	$3.15 \cdot 10^4$	$2.57 \cdot 10^3$
Initial average $\overline{R_{nep}^H}$	$1.36 \cdot 10^{13}$			$1.20 \cdot 10^{13}$		
Stable average $\overline{R_{nep}^C}$	$1.17 \cdot 10^6$			$1.16 \cdot 10^4$		
Reduction of R_{nep}	$1.16 \cdot 10^7$			$1.04 \cdot 10^9$		

Conclusions

Summarize the results of experimental research of the properties of protective coatings, making the main conclusion:

No coating is completely resistant to the damage caused by cathodic protection. CP current intensifies the deterioration of the coating, i.e. from all experiments the use of cathodic protection about 100 times decreased the contact resistance of pipeline coatings during the first of operation, compared with operation without cathodic polarization. Therefore, it is requested to consider the necessity of applying cathodic protection on pipelines once again. In the operation of field pipelines special problems with external corrosion is not observed [7]. Alternative means of electrochemical pipeline protection would be the use of anodic grounding according to patent № 125673 and № 146246 along the entire pipeline in the most dangerous places after appropriate investigations [8, 9].

It is known that the negative effect of cathodic polarization on the properties of the metal pipeline is the magnetization of metal, the increasing speed of occurrence of Stress Corrosion Cracking (SCC) and others [10]. In addition, in previous decades, many studies have found reduction of individual properties of the protective coating when applied cathodic polarization: it's a decrease in adhesion [11] and an increase in water permeability and others. Now it's proven that integral R_{nep} decreases about 100 times in the first year of operation. Conducting large-scale field experiments will allow the industry to draw definitive conclusions.

Определение срока службы изоляционных покрытий подземных стальных трубопроводов имеет большое значение для планирования работ по капитальному ремонту трубопроводов с заменой изоляции. Предельный срок службы изоляционных покрытий подземных трубопроводов определяется временем, в течение которого величина переходного сопротивления изоляции ($R_{пер}$) снизится до 10^3 Ом·м². Данное значение определяется из требований ГОСТ Р 51164-98 [1]. Установление закономерности изменения во времени переходного сопротивления изоляционных покрытий позволяет эффективно решать вопросы качественного строительства и надёжной эксплуатации трубопроводов за счёт оптимального выбора изоляционных покрытий.

Целью экспериментальных исследований является изучение изменения переходного сопротивления защитных покрытий в первый год эксплуатации трубопровода при использовании катодной защиты и её отсутствии.

В соответствии с ГОСТ25812-8 «Трубопроводы стальные магистральные общие требования к защите от коррозии» для оценки переходного сопротивления используют передвижную исследовательскую лабораторию электрохимической защиты, аппаратура и приборы которой должны быть электрически подключены по схеме (рисунок 1).

Экспериментальные исследования проводились в лабораториях УГНТУ при нормальных условиях с использованием специальных установок и оборудования (рисунки 2, 3), разработанных в основе метода оценки переходного сопротивления по ГОСТ Р 5116 –98 [1, 2].

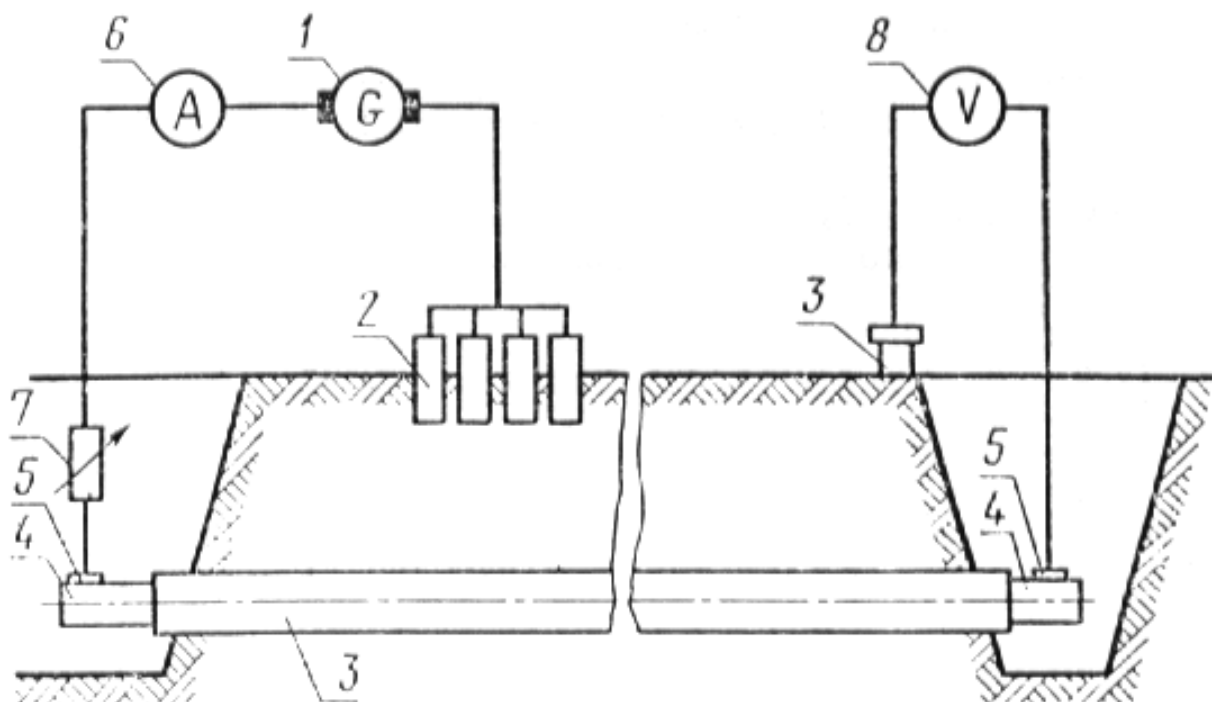


Рисунок 1. Схема определения потенциала «труба-земля» и переходного сопротивления: 1 – источник постоянного тока; 2 – временное анодное заземление; 3 – участок изолированного трубопровода, подлежащий контролю; 4 – неизолированные концы участка трубопровода; 5 – механические контакты; 6 – амперметр; 7 – резистор; 8 – вольтметр; 9 – медно-сульфатный электрод сравнения



Рисунок 2. Внешний вид установки эксперимента

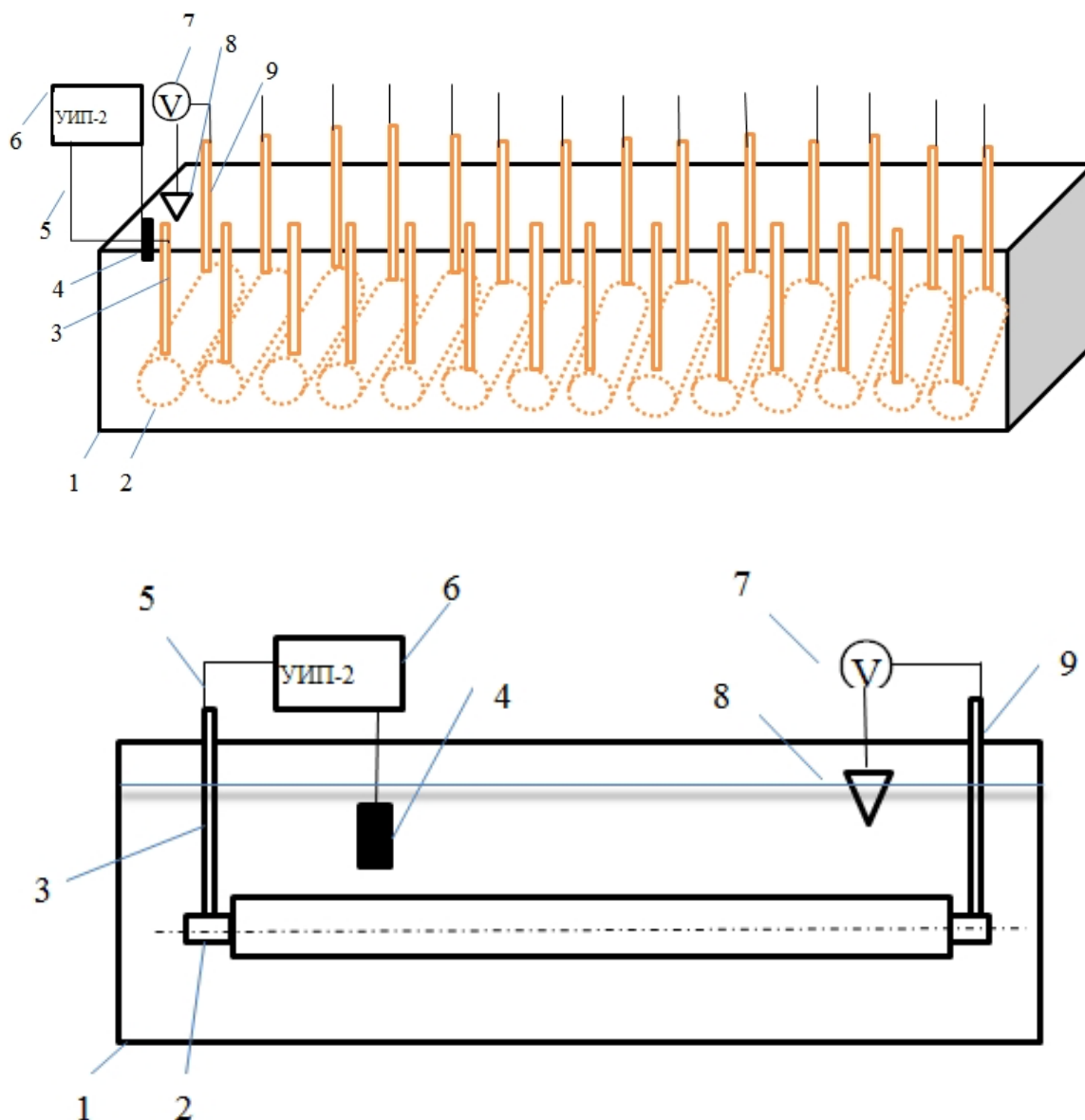


Рисунок 3. Схема экспериментальной установки:

1 – лоток с грунтом; 2 – образцы труб с различными защитными покрытиями (таблица 2); 3 – выходы для катодной поляризации; 4 – анодное заземление; 5 – соединительный провод; 6 – универсальный источник постоянного тока модели УИП-2 со встроенными вольтметром и амперметром; 7 – вольтметр; 8 – медно-сульфатный электрод сравнения; 9 – выходы для замера потенциала трубы

Объектом исследования являются образцы стальных труб \varnothing 0,55м, длиной 0,5 м с различными защитными покрытиями, основное описание которых представлено в таблице 1.

Таблица 1. Описание экспериментальных образцов

№ об.	Описание различных защитных покрытий	δ ,мм	КОД
T1	1 слой полиэтиленового плёночного покрытия	0,6	ПЭПП1
T2	2 слоя полиэтиленового плёночного покрытия	1,2	ПЭПП2
T3	Заводское полиэтиленовое покрытие	2,4	ЗавПЭ
T4	Заводское полиэтиленовое покрытие с имитацией повреждения (1см*1см)	2,4	ЗавПЭ _{ип}
T5	Заводское полиэтиленовое покрытие повышенной толщины	3,6	ЗавПЭ3.6
T6	1 слой термоусаживающегося покрытия	2,5	ТУ1
T7	2 слоя термоусаживающегося покрытия	5,0	ТУ2
T8	1 слой термоусаживающегося покрытия с работой ЭХЗ	2,5	ТУ1 _{ЭХЗ}
T9	1 слой термоусаживающегося покрытия с переменной толщиной	2,5	ТУ1 _{пт}
T10	2 слоя полиэтиленового плёночного покрытия с работой ЭХЗ	1,2	ПЭПП2 _{ЭХЗ}
T11	Заводское полиэтиленовое покрытие с работой ЭХЗ	2,4	ЗавПЭ _{ЭХЗ}
T12	Заводское полиэтиленовое покрытие с имитацией повреждения (1см*1см) и с работой ЭХЗ	2,4	ЗавПЭИП _{ЭХЗ}
T13	2 слоя полиэтиленового плёночного покрытия с переменной толщиной	1,2	ПЭПП2 _{пт}
T14	Заводское полиэтиленовое покрытие с переменной толщиной	2,4	ЗавПЭ _{пт}

План исследований:

1. Измерение значений переходного сопротивления защитных покрытий каждого объекта в соответствии с методикой [1].
2. Определение изменения переходного сопротивления защитных покрытий в первый год эксплуатации газонефтепроводов.
3. Экспериментальное определение влияния катодной защиты на изменение свойств защитных покрытий.

Подземные стальные трубопроводы предохраняют от коррозии средствами комплексной защиты: защитными покрытиями и катодной поляризацией. Качество комплексной защиты оценивается переходным сопротивлением, которое характеризует состояние защитного покрытия и позволяет определять расход тока катодной поляризации.

Характер изменения $R_{пер}$ в общем случае показан на рисунке 4. Снижение значения переходного сопротивления в период эксплуатации трубопровода вызывает необходимость увеличивать ток катодных станций

и их количество или заменять защитное покрытие на данном участке трубопровода.

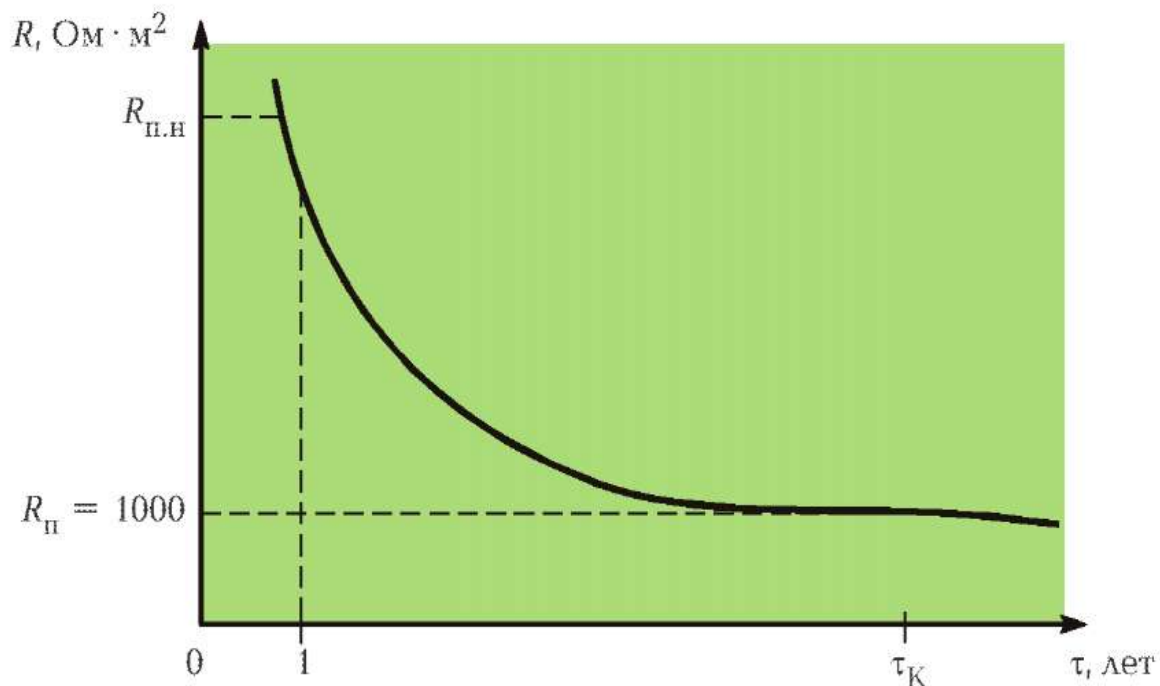


Рисунок 4. Изменение переходного сопротивления защитных покрытий с течением времени

На основе экспериментально полученных данных и дальнейшей их обработки были построены графики зависимости изменения переходного сопротивления разных защитных покрытий от времени сразу после укладки и засыпки трубопроводов, которые представлены на рисунке 5.

Как видно, данные графики (рисунок 5) изменения интегрального показателя качества изоляции – переходного сопротивления труба-грунт – разделяются на 3 области.

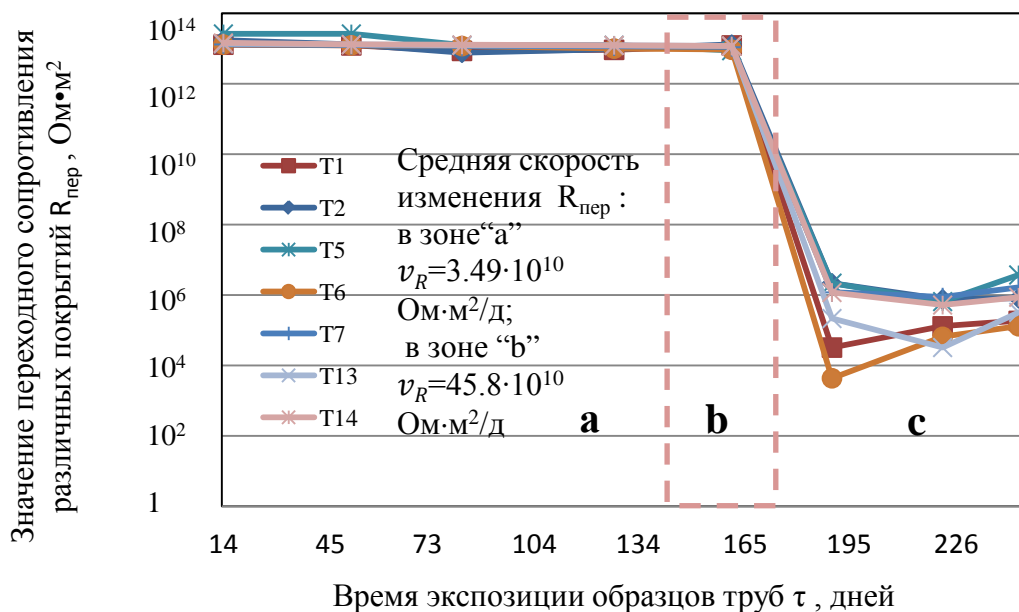


Рисунок 5. Экспериментальные данные изменения переходного сопротивления неповреждённых защитных покрытий образцов труб от времени

В области “а” в течение примерно 5 месяцев ($\tau = 161$ дней) с момента начала эксплуатации трубопровода величина сопротивления поддерживается на уровне начального значения, около 10^{13} Ом·м², пока электрическая цепь труба-покрытие-электролит не сформирована.

В области “б” после 5 месяцев эксплуатации молекулярная цепочка естественного почвенного электролита поступает в микродефекты защитных покрытий, и электрический контакт труба-грунт становится устойчивым [3, 4]. Скорость снижения переходного сопротивления резко увеличивается до момента начала образования относительно стабильного электрического контакта трубопровода и электролита почвы.

В области “с” после 6 месяцев эксплуатации значение переходного сопротивления изоляции незначительно изменяется в течение коротких промежутков времени и в целом со временем в дальнейшем уменьшается. С точки зрения прогнозирования изменений свойств защитных покрытий зона “с” имеет высокую практическую значимость. Уменьшение значения переходного сопротивления свидетельствует об ухудшении качества

защитного покрытия. Значение переходного сопротивления в зоне “с” зависит от многих факторов, в том числе от материала изоляции, толщины покрытия, наличия катодной защиты и других [5, 6].

Далее были проведены исследования влияния катодной защиты на изменения переходного сопротивления (рисунок 6).

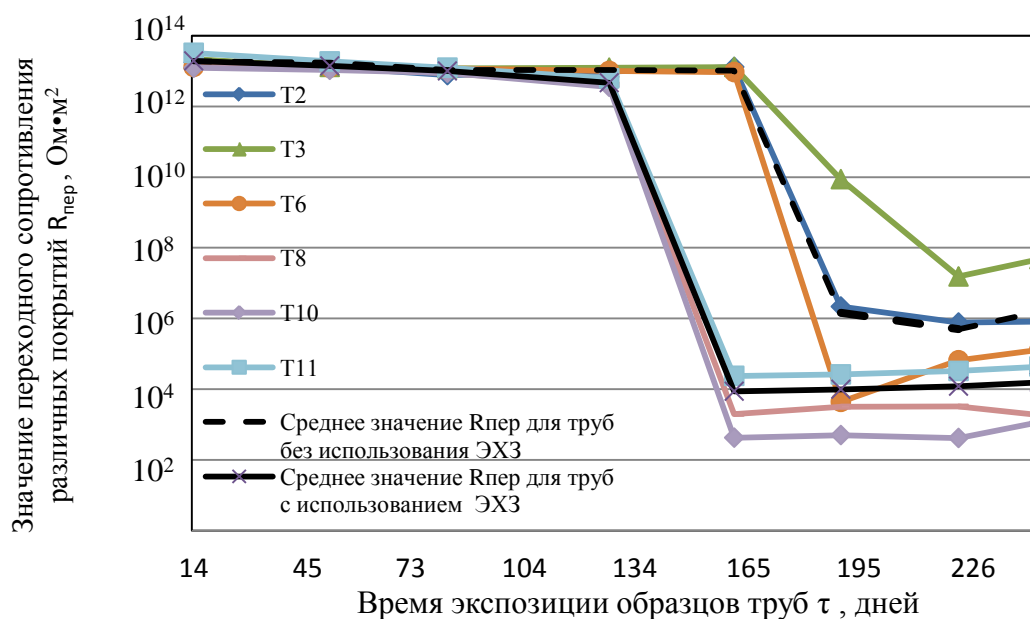


Рисунок 6. Влияние катодной защиты на изменение переходного сопротивления изоляции

За счёт использования ЭХЗ, мы наблюдали:

Во-первых, стабилизация переходного сопротивления изоляции достигается на месяц быстрее, т. е. ток катодной защиты увеличивает скорость снижения $R_{пер}$ во время эксплуатации. Средняя скорость снижения $R_{пер}$ во время проведения эксперимента (таблица 2) составляла $9,26 \cdot 10^{10}$ Ом·м²/д, а для образцов без катодной защиты – $7,69 \cdot 10^{10}$ Ом·м²/д. Каждое значение скорости в таблице представляет собой среднее из нескольких значений. Таким образом, использование катодной поляризации, примерно, на 20,4% увеличивает скорость снижения $R_{пер}$ или в абсолютной выражении на величину $1,57 \cdot 10^{10}$ Ом·м²/д.

Таблица 2. Средняя скорость изменения значения $v(R_{пер})$ в 10^{10} Ом·м²/д

№ обр.	Образцы без катодной защиты			Образцы с ЭХЗ		
	T2	T3	T6	T10	T11	T8
КОД	ПЭПП2	ЗавПЭ	ТУ1	ПЭПП2 _{ЭХЗ}	ЗавПЭ _{ЭХЗ}	ТУ1 _{ЭХЗ}
$v(R_{пер})$	8,38	8,11	6,58	4,67	5,15	18,0
\overline{v}	7,69			9,26		

Во-вторых, среднее значение в зоне “с” становится относительно ниже (таблица 3). Опытом подтверждено, что при использовании катодной защиты, значение $R_{пер}$ во время эксплуатации трубопроводов стало меньше, чем без применения ЭХЗ. Начальное значение $R_{пер}$ всех экспериментальных образцов составляло примерно – $1,3 \cdot 10^{13}$ Ом·м². Но за год среднее переходное сопротивление для труб без использования ЭХЗ уменьшилось до $1,17 \cdot 10^6$ Ом·м², а для труб с катодной защитой – $1,16 \cdot 10^4$ Ом·м². Таким образом, использование катодной поляризации, примерно, в 100 раз уменьшает значение переходного сопротивления защитных покрытий трубопроводов.

Таблица 3. Среднее значение $R_{пер}$ экспериментальных труб в Ом·м²

Номер образца трубы	Без использования ЭХЗ			С использованием ЭХЗ		
	T2	T3	T6	T10	T11	T8
КОД	ПЭПП2	ЗавПЭ	ТУ1	ПЭПП2 _{ЭХЗ}	ЗавПЭ _{ЭХЗ}	ТУ1 _{ЭХЗ}
Начальное значение $R_{пер}^н$	$1,21 \cdot 10^{13}$	$1,73 \cdot 10^{13}$	$1,14 \cdot 10^{13}$	$8,93 \cdot 10^{12}$	$1,75 \cdot 10^{13}$	$9,62 \cdot 10^{12}$
Стабильное значение $R_{пер}^с$	$1,25 \cdot 10^6$	$2,20 \cdot 10^6$	$6,68 \cdot 10^4$	$6,30 \cdot 10^2$	$3,15 \cdot 10^4$	$2,57 \cdot 10^3$
Среднее значение $\overline{R_{пер}^н}$	$1,36 \cdot 10^{13}$			$1,20 \cdot 10^{13}$		
Среднее значение $\overline{R_{пер}^с}$	$1,17 \cdot 10^6$			$1,16 \cdot 10^4$		
Снижение $R_{пер}$	$1,16 \cdot 10^7$			$1,04 \cdot 10^9$		

Выводы

Подведем итоги экспериментальных исследований свойств защитных покрытий, сделав основной вывод:

Использование катодной поляризации оказывает значительное влияние на качество защитных покрытий, а именно, примерно, в 100 раз уменьшает

значение R_{nep} за первый год эксплуатации трубопровода. Таким образом, ещё раз предлагается рассмотреть вопрос о необходимости применения катодной защиты на магистральных трубопроводах. При эксплуатации промысловых трубопроводов особых проблем с внешней коррозией не отмечается [7]. Альтернативой ЭХЗ магистральных трубопроводов может служить применение анодных заземлителей, устанавливаемых согласно наших патентов № 125673 и № 146246 вдоль всего трубопровода в наиболее опасных местах после соответствующих изысканий [8, 9].

Известно отрицательное влияние катодной поляризации на свойства металла труб – это намагничивание металла, увеличение скорости возникновения КРН и др.[10]. Кроме того, в предшествующие десятилетия многими исследованиями было доказано снижение отдельных защитных свойств изоляционных покрытий при применении катодной поляризации: это снижение адгезии [11] и увеличение водопроницаемости и др. Теперь доказано и снижение интегрального показателя R_{nep} в 100 раз за первый год эксплуатации. Проведение крупномасштабных отраслевых натурных экспериментов позволит сделать окончательные выводы.

References

- 1 GOST R 51164 - 98. Main steel pipelines. General requirements for protection against corrosion. M: Standard of Russia, 1999. 46 p. [in Russian].
- 2 RD 39-00147105-048-2014. The method of determining the durability of pipeline protective coatings by the parameters of cathodic protection / F. M. Mustafin [etc.]. UFA: USPTU, 2014. 34 p. [in Russian].
- 3 Pipeline corrosion protection: Vol.1: textbook. Manual / Mustafin F. M. [etc.]. SPb.: Nedra, 2005. 620 p. [in Russian].
- 4 Pipeline corrosion protection: Vol.2: textbook. Manual / Mustafin F. M. [etc.]. SPb.: Nedra, 2005. 708 p. [in Russian].
- 5 Technology constructions of pipelines: a textbook / F. M. Mustafin [etc.]. Ufa: Oil and gas business, 2007. 632 p. [in Russian].

6 F.M. Mustafin, Lukyanova I.E. Methodology for predicting the remaining life of pipeline // Oil and gas pipelines transportation: All materials. Scientific-Technical Conference. UFA, USPTU, 2002. P. 38. [in Russian].

7 Construction to protect commercial pipeline from corrosion / F. M. Mustafin [etc.]: Pat. 111665, the Russian Federation. № 2011132401/28; appl. 01.08.2011; publ. 20.12.2011. Bull. № 35. 9 p. [in Russian].

8 Device to protect the commercial pipeline from corrosive destruction under the influence of lightning currents / F. M. Mustafin [etc.]: Pat. 146246, the Russian Federation. № 2013158379; appl. 26.12.13; publ. 10.10.14. Bull. № 28. 2 с. [in Russian].

9 Protective coating of underground pipeline / F. M. Mustafin [etc.]: Pat. 125673, the Russian Federation. № 2012108350/06; appl. 05.03.2012; publ. 10.03.2013. Bull. № 7. 4 p. [in Russian].

10 Peabody A W, Bianchetti R L. Peabody's Control of Pipeline Corrosion,; NACE International[J]. The Corrosion Society: Houston, USA, 2001. 347 p. [in English].

11 Baker M, Fessler R R. Pipeline corrosion [J]. Final Report. Integrity Management Program, US-PHMSA, OPS, Delivery order DTRS56-02-D-70036 (November 2008), 2008. 72 p. [in English].

Список используемых источников

1 ГОСТ Р 51164 – 98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. М.: Госстандарт России, 1999. 46 с.

2 РД 39-00147105-048-2014. Методика определения долговечности защитных покрытий трубопроводов по параметрам катодной защиты / Мустафин Ф.М.[и др.]. Уфа: УГНТУ, 2014. 34 с.

3 Защита трубопроводов от коррозии: учеб. пособие /Мустафин Ф.М. [и др.]. СПб.: Недра, 2005. Т.1. 620 с.

4 Защита трубопроводов от коррозии: учеб. пособие / Мустафин Ф.М. [и др.] СПб.: Недра, 2005. Т. 2. 708 с.

5 Технология сооружения газонефтепроводов: учебник / Мустафин Ф.М. [и др.]. Уфа: Нефтегазовое дело, 2007. 632 с.

6 Мустафин Ф.М., Лукьянова И.Э. Разработка методики прогнозирования остаточного ресурса нефтегазопромысловых трубопроводов//Трубопроводный транспорт нефти и газа: материалы Всерос. науч.-техн. конф. Уфа: УГНТУ, 2002. С.38.

7 Сооружение для защиты промышленного трубопровода от коррозии / Мустафин Ф.М. [и др.]: пат. 111665, Рос. Федерация. № 2011132401/28; заявл. 01.08.2011; опубл. 20.12.2011. БИ № 35. 9 с.

8 Устройство для защиты трубопроводов от коррозионного разрушения под воздействием токов молнии / Мустафин Ф.М. [и др.]: пат. 146246, Рос. Федерация. № 2013158379; заявл. 26.12.13; опубл. 10.10.14. БИ № 28. 2 с.

9 Защитное покрытие подземного трубопровода / Мустафин Ф.М. [и др.]: пат. 125673, Рос. Федерация. № 2012108350/06; заявл. 05.03.2012; опубл. 10.03.2013. БИ. № 7. 4 с.

10 Peabody A W, Bianchetti R L. Peabody's Control of Pipeline Corrosion,; NACE International[J]. The Corrosion Society: Houston, USA, 2001. 347 p.

11 Baker M, Fessler R R. Pipeline corrosion[J]. Final Report. Integrity Management Program, US-PHMSA, OPS, Delivery order DTRS56-02-D-70036 (November 2008), 2008. 72 p.

About the authors

Сведения об авторах

Bei Wei, Post-graduate Student of the Chair “Construction and Maintenance of Oil and Gas Pipelines and Storages”, FSBEI NPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

Вэй Бэй, аспирант кафедры «Сооружение и ремонт газонефтепроводов и газонефтехранилищ», ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

E-mail: weibei2012@mail.ru

F.M. Mustafin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Chair “Construction and Maintenance of Oil and Gas Pipelines and Storages”, FSBEI NPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

Мустафин Ф.М., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Сооружение и ремонт газонефтепроводов и газонефтехранилищ», ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

L.I. Bykov, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair “Construction and Maintenance of Oil and Gas Pipelines and Storages”, FSBEI NPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

Быков Л.И., д-р техн. наук, профессор кафедры «Сооружение и ремонт газонефтепроводов и газонефтехранилищ», ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация