

УДК 69.002.5

***ОПТИМИЗАЦИЯ ОЧИСТКИ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ  
ТРУБОПРОВОДОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА РЕМОНТНО-  
ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ.***

***Масонов А.Н.***

*Студент*

*Самарский Государственный Технический Университет*

*Самара, Россия*

***Истомова М.А.***

*К.х.н, доцент*

*Самарский Государственный Технический Университет*

*Самара, Россия*

***Аннотация***

В данной работе выявлены факторы, влияющие на величину усиления резания, требуемого для удаления изоляционного покрытия с поверхности трубы. Проведён анализ 105 образцов из дефектных участков трубопроводов магистрального нефтепровода при температурах -25 °С, - 10 °С, 0 °С, 10 °С, 25 °С, срок службы образцов варьировался от 10 до 20 лет. Выведена математическая зависимость, связанная определением изменения величины силы срезания изоляционного покрытия в зависимости от срока эксплуатации и температуры проведения работ.

**Ключевые слова:** адгезия, ленточная изоляция, механическая очистка трубопровода, нефтепровод, ремонтно-изоляционные работы, усилие среза

***OPTIMIZATION OF PIPELINE COATING CLEANING WORKS FOR  
INCREASING OF ENERGY EFFICIENCY AND REPAIR AND COATING  
WORKS QUALITY***

***Mastonov A. N.***

*Student*

*Samara State Technical University*

*Samara, Russia*

***Istomova M. A.***

*K. H. n., associate Professor*

*Samara State Technical University*

*Samara, Russia*

**Annotation.** This paper identifies factors that affect the amount of cutting reinforcement required to remove the insulating coating from the pipe surface. Analysis of 105 samples from defective sections of the main oil pipeline was carried out at temperatures of  $-25^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$ , the service life of the samples varied from 10 to 20 years. A mathematical relation is derived, associated with determining the change in the magnitude of the shear force of the insulating coating, depending on the service life and the temperature of the work.

**Key words:** adhesion, tape coating, mechanical pipeline cleaning, oil pipeline, repair and coating works, shear force

В настоящее время общая протяженность магистральных трубопроводов на территории России составляет порядка 217 тысяч километров, из которых порядка 151 тысяч километров составляют газопроводные магистрали, около 46,7 тысяч километров составляют нефтепроводные магистрали и порядка 19,3 тысяч километров составляет нефтепродуктовый магистральный трубопровод [1]. Широкое распространение трубопроводного транспорта углеводородного сырья от месторождений определяется его высокими экономическими и техническими показателями по сравнению с иными способами транспортировки. При этом, известные статистические данные свидетельствуют о том, что более

половины общего объема магистральных трубопроводов были сооружены более 25 лет назад и уже выработали свой срок гарантированной безопасной эксплуатации, устанавливаемый требованиями [2] и проектной документацией. Значительное пролонгирование сроков эксплуатации трубопроводов, по сравнению с нормативными и проектными значениями, неизбежно приводит к постепенному нарушению их работоспособности, восстановление которой может быть обеспечено лишь за счет методов, способов и средств капитального ремонта.

При анализе технологических процессов капитального ремонта магистральных, промысловых или технологических трубопроводов, связанных с удалением изоляционного покрытия, можно сделать вывод о том, что в настоящее время нашло широкое распространение в промышленной практике нашли механические способы очистки. Применение данного рода способов, в свою очередь сопряжено с высокой вероятностью повреждения труб при проведении ремонтно-изоляционных работ, что во многом определяется сложностью определения оптимальных усилий резания, достаточных для снятия поврежденных или заменяемых участков изоляции.

Величина усилия резания, требуемого для удаления изоляционного покрытия с поверхности трубы определяется широкой номенклатурой различных факторов, среди которых: температура окружающей среды, срока эксплуатации покрытия и трубопровода, величина адгезии, физико-механических свойств покрытия и т.д. Очевидно, что особое значение среди перечисленных факторов имеет показатель адгезии, который, в свою очередь, также зависит от сроков эксплуатации покрытия. Таким образом, прилагаемые силы резания могут в значительной степени отличаться для свеженанесенных изоляционных покрытий и покрытий с длительным сроком эксплуатации, что определяет научный интерес к выявлению зависимости, характеризующей изменения адгезионных свойств системы «трубопровод-изоляционное покрытие» со временем, что позволит оптимизировать

Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМН Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

величину усилия, требующегося для удаления изоляционных покрытий и снизить вероятность повреждения трубопроводов при проведении ремонтно-изоляционных работ.

С целью определения зависимости величины адгезии изоляционного покрытия к трубопроводу, была произведена вырезка 105 образцов, размерами 100x100 мм в горизонтальной проекции, из дефектных интервалов трубопроводов магистрального нефтепровода Нижневартовск-Курган-Куйбышев на участке Уфа-Самара, с ленточным покрытием, выполненным из ПВХ (ЛИТКОР-НН) с адгезионным слоем толщиной 3,2 и нанесенным в заводских условиях на трубы 1220x19 мм, класса прочности 70X. Сроки эксплуатации участков трубопроводов, из которых были вырезаны образцы, варьируются в пределах от 10 до 20 лет. Испытания образцов на срез производились в соответствии с методиками, приведенными в [4], при температурах -25 °С, - 10 °С, 0 °С, 10 °С, 25 °С, температурный диапазон ниже – 25 °С не рассматривался в связи с соответствующими ограничениями производства изоляционных работ, указанных в [3].

Для обеспечения достоверности измерений, для каждого образца при соответствующих условиях эксперимента, производилось по три замера параметров, т.е. число повторений эксперимента  $k = 3$ , для характеристики меры изменчивости параметров принимается соответствующий показатель, определяемый как [5]:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{y}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $\sigma, \bar{y}$  – среднеквадратическое отклонение параметров и статистическое среднее отклонение соответственно, определяемые как [5]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (y_i - \bar{y})^2}{k}}; \quad (2)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k y_i. \quad (3)$$

С учетом величины доверительной вероятности  $\varepsilon = 0,95$ , получим меру изменчивости эксперимента, составляющую 6%, что допустимо [5].

Полученные усредненные результаты проведенных экспериментов для различных условий проведения работ по механической очистке изоляции сводим в таблицу 1, в рамках проведения исследования применялась методика и оборудования, приведенные в работе [4].

Таблица 1. Результаты определения зависимости силы срезания ленточной полимерной изоляции от температуры проведения работ и сроков эксплуатации трубопровода

Параметр	Среднее значение для эксперимента №						
	1	2	3	4	5	6	7
Срок эксплуатации покрытия							
Величина прочности на срез при температуре испытаний, МПа:	10	12	13	15	17	18	20
- 25 °С	149,7	143,7	139,1	135,6	131,4	123,6	119,8
- 10 °С	134,5	129,1	125,7	121,8	118,1	111,1	107,6
0 °С	127,4	122,3	118,4	115,4	111,8	105,2	102,5
10 °С	125,3	120,3	116,4	113,5	110,0	103,5	100,3
25 °С	119,8	115,0	111,3	108,5	105,2	98,9	95,9

Таким образом, на основании полученных результатов экспериментов, а также с учетом проведенных ранее исследований [4], можно заключить, что задача, связанная определением изменения величины силы срезания изоляционного покрытия в зависимости от срока эксплуатации и температуры проведения работ, сводится к решению определенной математической зависимости, приближенной к следующему виду [5]:

$$y = B_0 + \sum_{i=1}^n B_i X_i + \sum_{i \neq j=1}^n B_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^n B_{ii} X_i^2. \quad (4)$$

#### Выводы.

Полученные экспериментальные результаты имеют практическое применение в технологических процессах капитального ремонта, в частности, при производстве ремонтно-изоляционных работ при очистке трубопроводов от ленточной изоляции с применением способа механической очистки.

Применение полученных результатов и зависимостей позволит  
Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

оптимизировать режимы механической очистки, в частности режимы резания, изоляционного покрытия что позволит использовать более щадящие режимы для изоляционных покрытий с длительным сроком эксплуатации, что положительно скажется на техническом состоянии трубопроводов, энергоэффективности и качества проведения ремонтно-изоляционных работ при капитальном ремонте магистральных, промысловых и технологических трубопроводов.

### **Библиографический список:**

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году». – М.: АНО «Центр международных проектов», 2020.

2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасной эксплуатации внутрипромысловых трубопроводов» (Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 ноября 2017 года N 515) [текст]. – М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2017.

3. ВСН 008-88. Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Противокоррозионная и тепловая изоляция [текст]. – Введ. 1989-01-01. – ОАО ВНИИСТ, М., 1989.

4. Борисов Б.И. Несущая способность изоляционных покрытий подземных трубопроводов. – М.: Недра, 1986. – 160 с.

5. Липчиу Н.В., Липчиу К.И. Методология научного исследования. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – 290 с.

*Оригинальность 90%*