

Литература

1. Ильин К.И., Светухин В.В., Завальцева О.А. и др. Экспертная система анализа и предупреждения аварий на объектах, содержащих опасные вещества // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, Самара, 2013. – Т. 15. – № 4 (5) – С. 1038-1041.
2. Техногенные системы и теория риска / А.В. Багров, А.К. Муртазов; Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина. - Рязань, 2010. – 207 с.
3. Angeli C., "Diagnostic Expert Systems: From Expert's Knowledge to Real-Time Systems, in Advanced Knowledge Based Systems", Model, Applications & Research, Eds. Sajja & Akerkar, Vol. 1, ch. 4, pp 50 – 73, 2010.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ  
ДЛЯ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ**

**Т. А. Герасина**

Научный руководитель, доцент А. Г. Зарубин

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Транспортировка нефти, газа и нефтегазопродуктов на значительные расстояния по трубопроводам является наиболее эффективным и безопасным способом. Долговечность и безаварийность работы трубопроводов непосредственно зависит от эффективности противокоррозионной защиты. Изоляционное покрытие обеспечивает первичную защиту трубопроводов, при этом затрудняет доступ к металлу коррозионно-активных агентов, например вода, кислород воздуха [6]. Для успешного выполнения своей функции, качество изоляционного покрытия должно удовлетворять общим требованиям к защите от коррозии [3]. Поэтому существует необходимость исследовать химико-механические свойства изоляционных покрытий, к которым можно отнести устойчивость к коррозионному и физическому воздействию внешних факторов среды. Использование метода ИК-спектроскопии позволяет определить функциональный состав и степень химико-механической деградации на разрушенной поверхности полиэтилена [1].

Целью данной работы является исследование состава и химико-механических свойств изоляционных покрытий для газонефтепроводов методом ИК-спектроскопии.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

- Провести анализ образцов полиэтиленовых изоляционных покрытий труб для транспорта нефти и газа методом ИК-спектроскопии;
- Определить наличие функциональных групп в ИК-спектрах исследованных образцов;
- Исследовать состав и химико-механические свойства изоляционных покрытий по данным из сопроводительной документации и ИК-спектрам.

В качестве объектов были взяты по два образца четырех типов изоляционных покрытий и исследованы на ИК-спектрометре. Первый тип образцов – лента антикоррозионная полимерно-асмольная «ЛИАМ-3», соответствующая требованиям ГОСТ Р 52602-2006 [3]. Второй тип образцов – грунтовка асмольная, изготовленная в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51164 и ГОСТ 9.602 [4,5]. Третий тип образцов – термоусаживающиеся манжеты ТЕРМА – СТМП, соответствующая требованиям ГОСТ Р 51164-98 и ГОСТ 9.602-2005 [4, 5]. Четвертый тип – термоусаживающаяся двуслойная радиационно-модифицированная ДОНРАД- Р [3]. Образцами для ИК-спектрометра являлись тонкие срезы изоляционных покрытий для газонефтепроводов. Все образцы исследовали на ИК-спектрометре «Nicolet IS10», что позволило определить функциональный групповой состав покрытий [1, 2].

На основании ИК-спектров образцов была проведена классификация состава и свойств изоляционных покрытий для газонефтепроводов (таблица 1). Выделили семь характерных пиков при волновых числах: от 960 до 660, 716, 1170, 1375, 1746, от 2927 до 1010, 3200, 3450  $\text{см}^{-1}$ . Данные пики характеризуют наличие гетероциклических соединений, такие как тиофены, а также пиридины и хинолины при волновом числе 716  $\text{см}^{-1}$  и функциональные группы  $-\text{CH}_2-$  при волновых числах 1471, 2850 и 2927  $\text{см}^{-1}$  соответственно. При волновом числе 1746  $\text{см}^{-1}$  выявили наличие карбонильной группы в незначительном количестве. Волновое число 1170  $\text{см}^{-1}$  характеризуется наличием ароматических соединений, благодаря которому происходит снижение скорости радиационных превращений в полиэтилене. Волновые числа в диапазоне 960-660  $\text{см}^{-1}$  характеризуются наличием ациклических непредельных углеводородов (алкены), которые непосредственно являются исходным веществом для получения полимеров, при волновом числе 1740  $\text{см}^{-1}$  происходят валентные колебания связей  $\text{C}=\text{C}$  в алканах (структурный фрагмент колебания –  $-\text{F}_2\text{C}=\text{C}$ ). Волновое число 1375  $\text{см}^{-1}$  и диапазон волновых чисел от 2927 до 1010  $\text{см}^{-1}$  характеризуются наличием функциональных групп  $-\text{CH}_3$  и  $-\text{CH}_2-$ , соответственно. Кроме того, при волновых числах 3200 и 3450  $\text{см}^{-1}$  наличие кетонов указывает на процесс термоокислительной деструкции (термостарение).

Метод ИК-спектроскопии был применен для анализа четырех различных изоляционных покрытий. Исследование химико-механических свойств изоляционных покрытий и обработка результатов показала, что интенсивность карбонильных групп зависит от глубины трещины, указывающую на степень деградации. Самый высокий показатель присутствия карбонильной группы наблюдается на участке зарождения трещины, расположенной в непосредственной близости от внутренней поверхности трубы.

Таблица 1

Органические соединения, входящие в состав исследованных изоляционных покрытий

Объект Волновое число, см <sup>-1</sup>	Лента антикоррозионная полимерно-асмольная «ЛИАМ-3»	Грунтовка асмольная	Термоусаживающиеся манжеты ТЕРМА-СТМП	Термоусаживающаяся двуслойная радиационно- модифицированная ДОНРАД-Р
От 960 до 660	Алкены			
716	Хинолин			
1170	Ароматические углеводороды (снижение скорости радиационных превращений в полимерах)			
1375	-CH <sub>3</sub> -			
1746	Карбонильная группа			
От 2927 до 1010	-CH <sub>2</sub> -			
3200, 3450	Кетоны (термоокислительная деструкция или термостарение)			

## Литература

1. Byoung-Ho C., Chudnovsky A., Zhou Z. Experimental and theoretical investigation of stress corrosion crack (SCC) growth of polyethylene pipes/ Byoung-Ho Choi, Alexander Chudnovsky, Zhenwen Zhou/ Polymer Degradation and Stability. – 94.–2009. – с. 859-867.
2. Vijayan V., Porharel P. Thermal and mechanical properties of e-beam irradiated butt-fusion joint in high-density polyethylene pipes/ Vipin Vijayan, Pashupati Pokharel/ Radiation Physics and Chemistry. – 122. – 2016. – с. 108-116.
3. ГОСТ Р 52602-2006. Лента антикоррозионная полимерно-асмольная «ЛИАМ». – Москва: Стандартинформ, 2007. – 12 с.
4. ГОСТ Р 51164-98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. – Москва: Госстандарт России, 1998. – 52 с.
5. ГОСТ 9.602-2005. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. – Москва: МГС, 2006. – 59 с.
6. Горошевский, А.В. Взаимодействие почвы и подземных трубопроводов: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биологических наук (03.00.27) Горошевский Андрей Валерианович; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. – Москва, 2005. – 116 с.

### ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОЕКТИРУЕМОГО НЕФТЕГАЗОСБОРНОГО ТРУБОПРОВОДА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ PIPESIM

К. А. Голубева

Научный руководитель, доцент В. К. Никульчиков

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Широкое использование автоматизированного управления в промышленном транспорте нефти требует более детального описания гидродинамических процессов, происходящих в нефтепроводе в различных режимах его эксплуатации.

Исследование режимов при перекачке газонасыщенных нефтей невозможно без определения их основных физических параметров: плотности, вязкости, модуля объемной упругости, количества свободного и растворенного газа в нефти и др. Эти параметры могут быть определены двумя способами: экспериментальным и расчетным.

Перекачка нефтепродуктов по трубопроводам – наиболее прогрессивный в технологическом и экономическом отношениях способ транспортировки, позволяющий обеспечить ритмичную поставку широкого ассортимента продуктов потребления. Развитие трубопроводного транспорта объясняется его эффективностью (длительная эксплуатация при одновременных затратах на строительство), а также дешевизной транспортировки нефти.

Цель данной работы – разработать проект реконструкции системы транспорта продукции (товарной нефти с остаточным газосодержанием до 0,82 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>).

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие основные задачи:

1. Определить пропускную способность трубопровода для перекачки жидкости необходимого объема.
2. Определить возможность максимального вовлечения существующего оборудования
3. Выделить этапы строительства.
4. Определение конструктивных решений
  - Трасса трубопровода
  - Обоснование способа прокладки