

УДК 66.094.403

**О РОЛИ ИНГИБИТОРОВ В ЗАМЕДЛЕНИИ СТАРЕНИЯ  
ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАСЕЛ****ШАХТАХТИНСКИЙ Т.И., НАБИЕВА А.Х.***Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия*

В работе показывается, что в старении электроизоляционных масел немаловажную роль играет коагуляция частиц примесей. Выясняются механизмы коагуляции частиц и антикоагуляционное действие ингибитора-антрахинона. Приводятся результаты экспериментов.

Старение электроизоляционных нефтяных масел в эксплуатации происходит не только в результате окисления составляющих их углеводородов под действием электрических полей и разрядов, но и вследствие коагуляции частиц примесей, находящихся в них. Частицы примесей в жидкостях имеют склонность к коагуляции, т.е. при столкновении они прилипают друг к другу. При этом их ионные оболочки объединяются и образуют общий укрупненный комплекс.

Возможность коагуляции зависит от относительных величин сил притяжения и отталкивания между частицами. Притягивающие действия оказывают силы Ван-дер-Ваальса. Как известно, [1,2] различают три типа сил межмолекулярного притяжения: ориентационные, индукционные и дисперсионные. Все они имеют электрическую природу и зависят от расстояния  $r$  между молекулами по закону  $const/r^7$ . Ориентационные силы притяжения действуют между полярными молекулами, индукционные – между полярной и неполярной молекулами, а дисперсионные – между неполярными молекулами, а также между любыми другими парами молекул.

Коагуляция возникает не только под действием сил Ван-дер-Ваальса, но и под влиянием химических связей [3,4]. Возможно, что при частицах углерода атомарного размера коагуляция возникает именно благодаря химическому соединению с кислородом, а далее при более крупных частицах решающее влияние приобретают силы Ван-дер-Ваальса.

Склонность частиц к коагуляции может возрасти при наличии в масле растворимых окисленных смол или кислот, которые нейтрализуют оболочки ионов или адсорбированных молекул смол и тем самым ослабляют отталкивающее действие [5]. Наблюдения [3,5] показывают, что течение жидкости также может содействовать коагуляции, так как при столкновениях крупные частицы могут захватывать с собой более мелкие.

Коагуляцию частиц примесей при постоянном напряжении можно объяснить тем, что частицы, будучи заряженными, под действием электрического поля, приобретают индуцированный дипольный момент, эти частицы ориентируются к частице осадка плюсом обратного с ней знака, притягиваются друг к другу и образуют крупные комплексы. В реальных действующих высоковольтных установках настоящий эффект является нежелательным, ибо осадок, накопившийся на поверхности твердых изоляционных материалов, ухудшает процессы теплоотдачи и интенсифицирует ее старение.

Опыт эксплуатации жидких изоляционных масел [6-8] показывает, что старение масла вследствие коагуляции может происходить само по себе, т.е. при отсутствии внешнего электрического поля во время хранения масла. Масло, находящееся в нижней части бочки или бака, часто из-за этого имеет электрическую прочность ниже среднего значения. Это можно объяснить тем, что вследствие коагуляции частицы соединяются и между электродами образуются мостики. Такие мостики могут образо-

ваться полностью или же разрываться газовыми пузырьками. В последнем случае между имеющимися частями мостика – типа системы электродов «игла-игла» образуется разряд.

Известный эффект – возрастание электрической прочности масла в последующих пробоях в серийном его пробое так же можно объяснить изменением размера частиц. Прочность при первых пробоях определяется крупными комплексами частиц. В дальнейшем они разрушаются, и пробивное напряжение определяют только мелкие частицы.

Среди коллоидно-химических средств стабилизации обращает на себя особое внимание содержащее ароматические кольца соединение – антрахинон  $[C_6H_4:(CO)_2:C_6H_4]$ . Антрахинон имеет два бензольных кольца, благодаря которым образуется защитный «чехол» вокруг частицы, предотвращающий коагуляцию. Механизм предотвращения коагуляции объясняется следующим образом [5]: ароматические примеси с алифатическими цепями, вследствие их высокой поляризуемости, приводят к поверхностной активизации частиц. На поверхности частиц адсорбируются цепочки, выступающие подобно «колючкам». В последнем случае поверхности частиц, например, углистых частиц, располагаются на расстоянии друг от друга  $2l$ , где  $l$  – длина одной алифатической цепочки. Согласно [5], если величина  $2l$  превосходит значение  $40 \text{ \AA}$ , область действия сил приложения Ван-дер-Ваальса ограничивается. Из этого следует, что, благодаря адсорбции «колючек» длиной  $20 \text{ \AA}$  и более, суспензия углистых частиц, согласно [5], диаметром около  $5 \text{ мкм}$  стабилизируется. Если адсорбируются «колючки» длиной около  $10 \text{ \AA}$  и меньше, наступает коагуляция частиц.

Ранее [9] нами было изучено влияние частичных разрядов (ЧР) на электрическую прочность масел на основе синтетических углеводородов 1,1-диарилэтанового ряда и их хлорпроизводных, являющихся заменителями экологически опасных хлорированных дифенилов. Эксперименты проводились при отсутствии в масле твердых электроизоляционных материалов целлюлозного происхождения, из слоистых пластиков и пр. Средняя мощность установившихся ЧР при напряжении зажигания  $U=2,13 \cdot 10^3 \text{ В}$  и тока  $I=4,71 \cdot 10^{-5} \text{ А}$  составляла  $P=0,1 \text{ Вт}$ . При этом удельная мощность, выделяемая в масле, составляла  $P_{уд}=200 \text{ Вт/м}^3$ . Было установлено, что электрическая прочность масел при воздействии ЧР резко снижается, если в процессе каталитического хлорирования полимера протекает побочная реакция радикального хлорирования в алкильный фрагмент с образованием реакционно-способного хлора. Под действием электрического поля и тепла, выделяемого частичными разрядами, жидкость дегидрохлорируется с выделением хлористого водорода, резко ухудшающего его диэлектрические характеристики. В наших экспериментах после 120 часового воздействия частичных разрядов снижение  $E_{пр}$  масел составляла 50-60% своего первоначального значения. После удаления продукта побочной реакции радикального хлорирования – реакционно-способного хлора путем щелочного дегидрохлорирования из состава хлорированных диарилэтанов стабильность их электрической прочности к воздействиям частичных разрядов увеличивалась в 3-3,5 раза. Однако, несмотря на освобождение от реакционно-способного хлора и дополнительного очищения от других токопроводящих примесей, в исследуемых жидкостях наблюдалось более 16%-ое снижение электрической прочности. Визуальными наблюдениями было обнаружено, что в зоне зажигания частичных разрядов жидкость приобретает темно-коричневую окраску, что свидетельствует об образовании в нем свободного углерода в результате разложения.

В настоящей работе после щелочного дегидрохлорирования в ранее [9] исследуемые синтетические углеводородные жидкости 1,1-диарилэтанового ряда 1-фенил, 1-хлорксилилэтан и 1-фенил, 1-дихлорксилилэтан добавляли ингибитор с целью предотвращения коагуляции углистых частиц и определяли их стабильность к воздействиям ЧР. Применялись следующие ингибиторы, содержащие ароматические составляющие: антрахинон, п-нитродифенил и  $\alpha$  - нафталин. Лучшие результаты были получены при

применении в качестве ингибитора антрахинона. При добавлении в исследуемые масла 0,1% мас.антрахинона стабильность масел к воздействиям ЧР резко увеличивалась.

На рисунке представлены зависимости  $E_{пр}$  дегидрохлорированных 1-фенил, 1-хлорксилилэтана (1,3) и 1-фенил, 1-дихлорксилилэтана (2,4) от времени воздействия ЧР до (1,2) и после (3,4) введения 0,1% мас. антрахинона. при введении ингибитора после 120 часов воздействия ЧР, как это видно из рисунка, электрическая прочность масел практически остается неизменной.

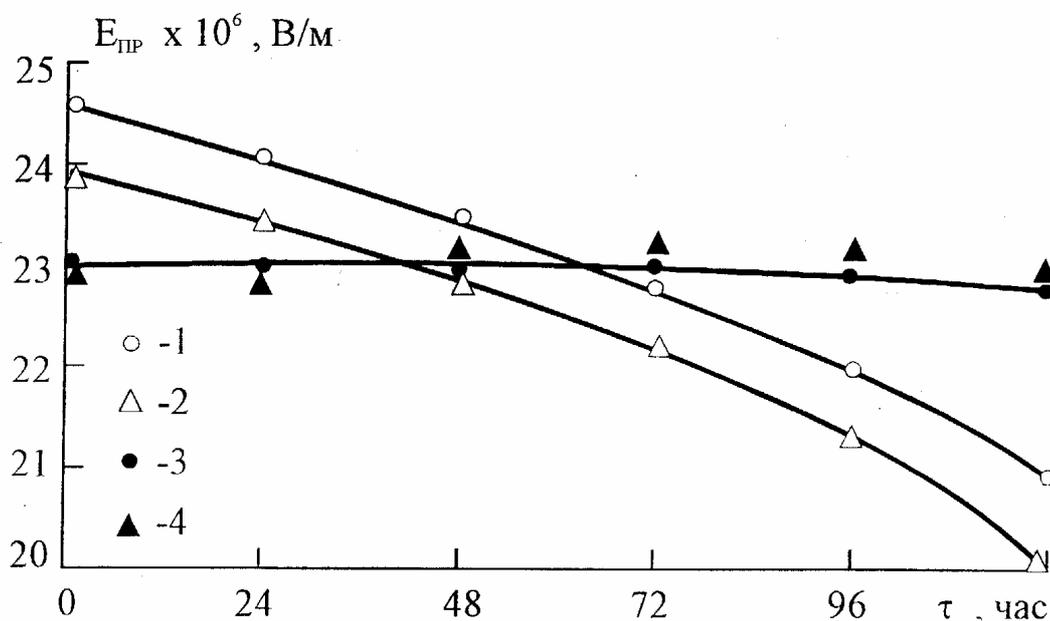


Рис.

Аналогичные результаты были получены и с другими хлорированными синтетическими углеводородами 1,1-диарилэтанового ряда.

Таким образом, можно заключить, что при введении в диэлектрическую углеводородную жидкость антикоагуляционного ингибитора, вокруг углистых частиц образуется защитная оболочка, которая мешает частицам сближаться на такие расстояния, при которых могут действовать силы Ван-дер-Ваальса. На отсутствие коагуляции указывает стабильность электрической прочности масла к длительным воздействиям частичных разрядов.

1. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. М.: Высшая школа, 1989. -608 с.
2. Айзензон А.Е. Курс физики. М.: Высшая школа, 1996. -462 с.
3. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. С.Пб.: Химия, 1995. -400с.
4. Основы аналитической химии: В 2 кн./Под ред.Ю.А.Золотова, Кн 2. М.: Высшая школа, 1996. -462.с.
5. Кок J.A. Der elektrische Durchschlag in flüssigen Isolierstoffen. Eindhoven: Nbil Sehruff, 1963.-162 s.
6. Антоф И.С., Хомяков М.В. Уход за изоляционным маслом. М.-Л.: Энергия, 1966.-111с.
7. Маневич Л.О. Сушка масла цеолитами и дегазация. М.: Энергия, 1980. - 168с.
8. Li C.Y., Cheng T.C., Wand F., Worland E.M. // IEEE Trans. Elec. Insul., 1992, vol.27, №5. -P. 1054-1057.
9. Муганлинский Ф.Ф., Шахтахтинский Т.И. //Ученые записки, АГНА, 1998, №2. -С.139-142.

## **ELEKTROİZOLƏ YAĞLARININ KÖHNƏLMƏSİNİN LƏNGİMƏSİNDƏ İNGİBİTORLARIN ROLU**

**ŞAHTAXTİNSKİ T.İ., NƏBİYEVA A.X.**

İşdə göstərilir ki, elektroizolə yağlarının köhnəlməsində mühüm rol oynayan amillərdən biri də onların tərkibindəki hissəciklərin koagulyasiyaya uğraması - kiçik hissəciklərin birləşərək böyük hissəciklər əmələ gətirməsidir. Sintetik karbohidrat yağları misalında hissəciklərin koagulyasiyaya uğraması və ingibitorların antikoagulyasiyaya təsiri mexanizmləri aydınlaşdırılır.

## **ABOUT ROLE OF INHIBITORS IN DELAYING OF ELECTRIC INSULATING OILS AGING**

**SHAKHTAKHTINSKI T.I., NABIYEVA A.Kh.**

It is shown in the paper that coagulation of particles of mixtures plays an important role in aging of electric insulating oils. Mechanisms of coagulation of particles and anti-coagulation effect of antrachinon are found out.