

УДК 614.841.41:543.27

ФОРМИРОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНЫХ СИСТЕМ ПРОДУКТОВ ТЕРМООКСИЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ В ГАЗОВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

© 2010 С.Н. Беседин

Волгоградский государственный педагогический университет

Поступила в редакцию 17.12.2009

В статье рассмотрены закономерности формирования молекулярных систем продуктов термоокислительной деструкции в газовой среде энергонасыщенных помещений судов морского базирования с АЭУ на номинальных режимах эксплуатации оборудования и кабельной продукции в результате воздействия электрических разрядов.

Ключевые слова: молекулярные системы продуктов термоокислительной деструкции, инфракрасные спектры поглощения, искрение в кабельной продукции, диапазон спектра, полоса поглощения, перекисная группа, озониды, альдегиды, нитро, хлорсодержащие и ароматические соединения, дифференциальный интерференционный фильтр

1. ВЕДЕНИЕ

Развитие электроэнергетики и уровня генерируемых мощностей на различных объектах экономики (ОЭ) и транспорта – является ускорителем научно-технического прогресса во всех отраслях промышленности и транспорта, который сопровождается ростом уровней мощностей, а, следовательно, и энергонасыщенности помещений (ЭНП) различного класса и назначения. Рост энерговооруженности различных отраслей промышленности, атомных электростанций (АЭС), морского и речного транспорта, сельского хозяйства и быта неразрывно связан с увеличением числа и видов применяемых электротехнических устройств, многие из которых являются потенциальными источниками пожарной опасности.

По статистике наиболее пожароопасными видами электроустановок являются электропроводки, кабельные трассы, оболочки электродвигателей, преобразователей, генераторов, которые приводятся в движение различными физическими средами, а наиболее частыми причинами их возгорания – снижение сопротивления изоляции, сопровождающиеся токами утечки, слаботлеющими электрическими разрядами. В результате теплового старения электроизоляционных материалов в них происходят деструктивные явления, которые сопровождаются разрывом химических связей и выносом радикалов в окружающую среду которые рекомбинируют в газовой среде (ГВС), формируют молекулярные системы

состоящих из продуктов термоокислительной деструкции (ПТОД), накапливаются и являются потенциальными носителями о возникновении и формировании предпожарной ситуации (ППС).

Для построения перспективных систем обнаружения и прогноза ППС на ранней стадии в энергонасыщенных помещениях, а также обоснования и выбор параметров систем диагностики необходимо на молекулярном уровне знать закономерности и динамику формирования молекулярных систем, которые включают ПТОД. Это позволит заблаговременно выявить кризис, принять меры технического и профилактического характера и минимизировать ущерб от возможного возникновения возгорания и, как следствие, – пожара.

Поэтому основной областью исследования являются закономерности формирования молекулярных систем ПТОД разнообразных характерных веществ и материалов в ГВС энергонасыщенных помещениях (ЭНП), а также в помещениях судов морского базирования с АЭУ на номинальных режимах эксплуатации оборудования методом ИК – спектроскопии в интервале частот $400 - 4200 \text{ см}^{-1}$ ($25,0 - 2,38 \text{ мкм}$). Полученные статистически обоснованные качественные и количественные закономерности направлены на разработку устройств обнаружения и диагностики ППС, которые с высокой чувствительностью (до 10^{-12} моль/л) могут определять концентрацию групп молекулярных связей C-H, C=O, O-O, C-Cl, N=O, C-O ПТОД, разнообразных материалов и веществ относительно существующего фона на ранней стадии развития кризиса. По их концентрации и интенсивности формирования можно судить о степени опасности возникновения ППС.

*Беседин Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры машиноведения, безопасности жизнедеятельности и методики преподавания БЖД.
E-mail: sergei_forsag@mail.ru*

Научная новизна исследований связана с тем, что впервые обоснован подход обнаружения ППС основанный на качественных и количественных закономерностях формирования молекулярных и радикальных составляющих ПТОД в ГВС материалов и веществ и ЭНП. Размеры молекулярных фрагментов ПТОД, в отличие от дисперсионных макрофрагментов, на обнаружении которых построены существующие системы обнаружения возгораний, находятся в пределах одного – двух нанометров [1].

В результате исследований впервые получены и идентифицированы качественные и количественные закономерности формирования ПТОД в ГВС для основных групп органических материалов и веществ, в том числе кабельной продукции в результате воздействия на них слаботлеющих разрядов, в полосах поглощения C-H, C-CL, -O-O-, N=O, C=O, C-O.

В настоящее время процессы формирования ПТОД в ГВС методом ИК-спектроскопии в интервале частот $400-4200 \text{ см}^{-1}$ малоизучены, это относится и к озонсодержащим соединениям. Известны исследования Дж. Фритца дисперсной среды флуоресцентной спектроскопией в целях обнаружения пожара в узком диапазоне $0,3-0,5 \text{ мкм}$ ($30000 - 20000 \text{ см}^{-1}$, этот диапазон относится к области частот спектра видимого света), которые не решают поставленной проблемы по ряду причин. Основная причина заключается в том, что этот метод применим для дисперсных макросред характерный для периода возгорания, когда оптическая плотность ее довольно высокая, а стадия развития кризиса сравнима с процессом воспламенения. Кроме того, контроль наличия ПТОД осуществляется в диапазоне длин волн, в котором поглощает излучение небольшая группа органических соединений, на основании которых можно строить надежную идентификацию кризиса, что не позволяет выделить характеристические полосы поглощения и достоверно найти их критерии. Вторым недостатком является то, что при формировании сигнала обнаружения пожара не учитывается влияние на него фонового уровня ПТОД, образующихся в защищаемых помещениях при нормальных условиях эксплуатации от горячего технологического оборудования, искрения щеток электрических машин и т.д., что существенно снижает показатель сигнал/шум, характеризующий надежность работы способа. Третий недостаток существующих систем обнаружения пожаров и возгораний заключается в том, что контроль продуктов горения контролирует наличие продуктов разложения в локальных областях помещений, а не во всем объеме, что существенно увеличивает время обнаруже-

ния кризисной ситуации. Новый подход и разработанное на его основе устройство будет лишено этих недостатков.

Учитывая то, что наибольшую потенциальную опасность при возникновении пожаров играет состояние электрооборудования, поэтому в статье представлена часть исследований, связанных только с динамикой формирования ПТОД от электротехнических материалов в кабельной продукции в результате слаботлеющих разрядов и в ГВС помещений природы содержащих электротехническое и турбогенерирующее оборудование. Идентификация газообразных соединений, образующихся в ПТОД кабельной продукции (рис.4, 5, 6) и в турбинном и электротехническом помещениях (рис.1, 2, 3) в зависимости от длительности работы оборудования, показывает на высокую корреляционную зависимость формирующихся газообразных соединений и молекулярных групп в эксперименте и в природе. Такое совпадение позволяет с уверенностью строить обнаружение ППС в ЭНП природы.

Молекулярные фрагменты образующихся ПТОД имеют повышенную температуру и претерпевают тонкие вращательные колебания электронных структур. Такой характер движения молекулярных систем способствует увеличению количества и ширины пиков поглощения в ИК-спектрах, их смещению в сторону больших значений вращательных квантовых чисел, усложняя идентификацию спектров.

В процессе работы различного электрогенерирующего оборудования в результате искрения, а также износа и старения в процессе эксплуатации электроизоляционных материалов возникают слаботлеющие разряды, в результате которых образуется озон и выделяются углеводородсодержащие радикалы вида $X - \text{CH}_3$, $X - \text{CH}_2$ и т.д. и $-\text{CH}_3$ -, $-\text{CH}_2$ – и т.д., которые легко окисляются с образованием озонидов. Продукты окисления в дальнейшем при взаимодействии с парами воды ГВС распадаются по месту [6] присоединения O_3 с образованием альдегидов (в том числе муравьиного), кетонов, формиатов и перекиси водорода H_2O_2 .

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ В ГАЗОВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ С ГЕНЕРАЦИЕЙ ЭНЕРГИИ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ

Проблема обнаружения и диагностики на уровне молекулярных связей ПТОД довольно сложная и носит многоплановый характер, ко-

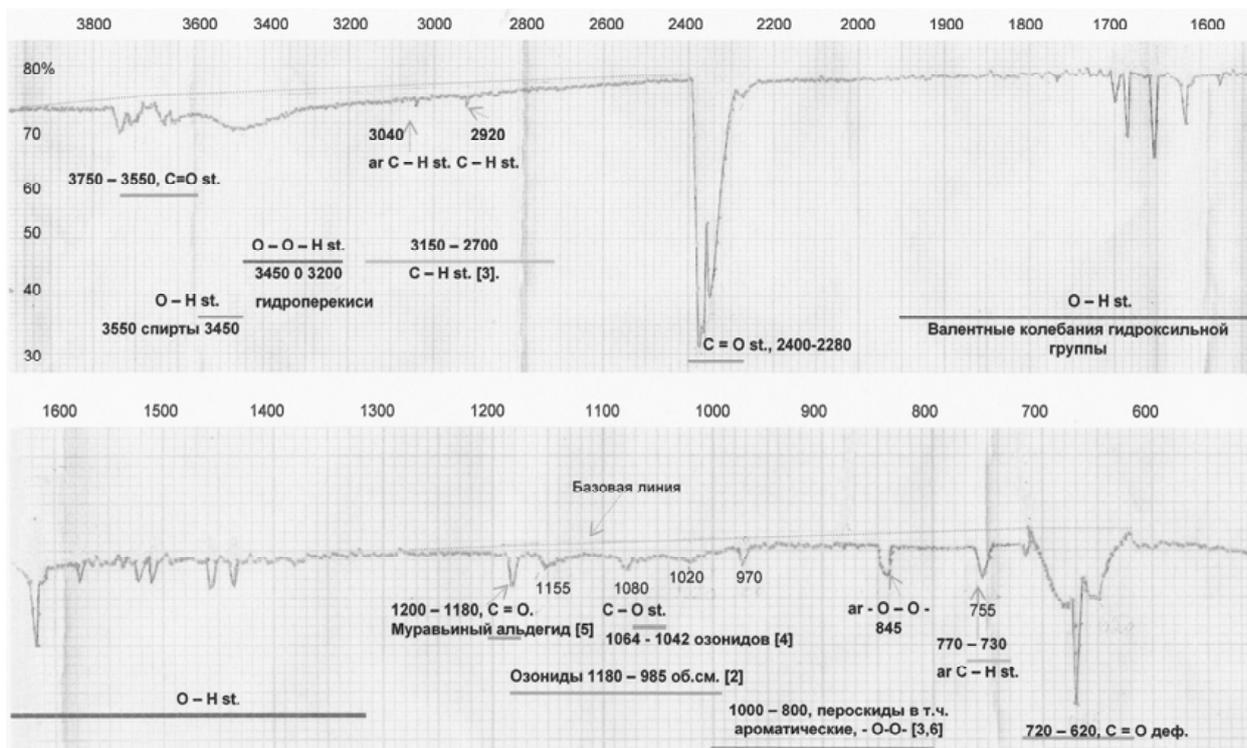


Рис. 3. ИК-спектр поглощения ГВС в электротехническом судовом помещении с АЭУ при работе электротехнического оборудования на номинальном режиме 4 суток

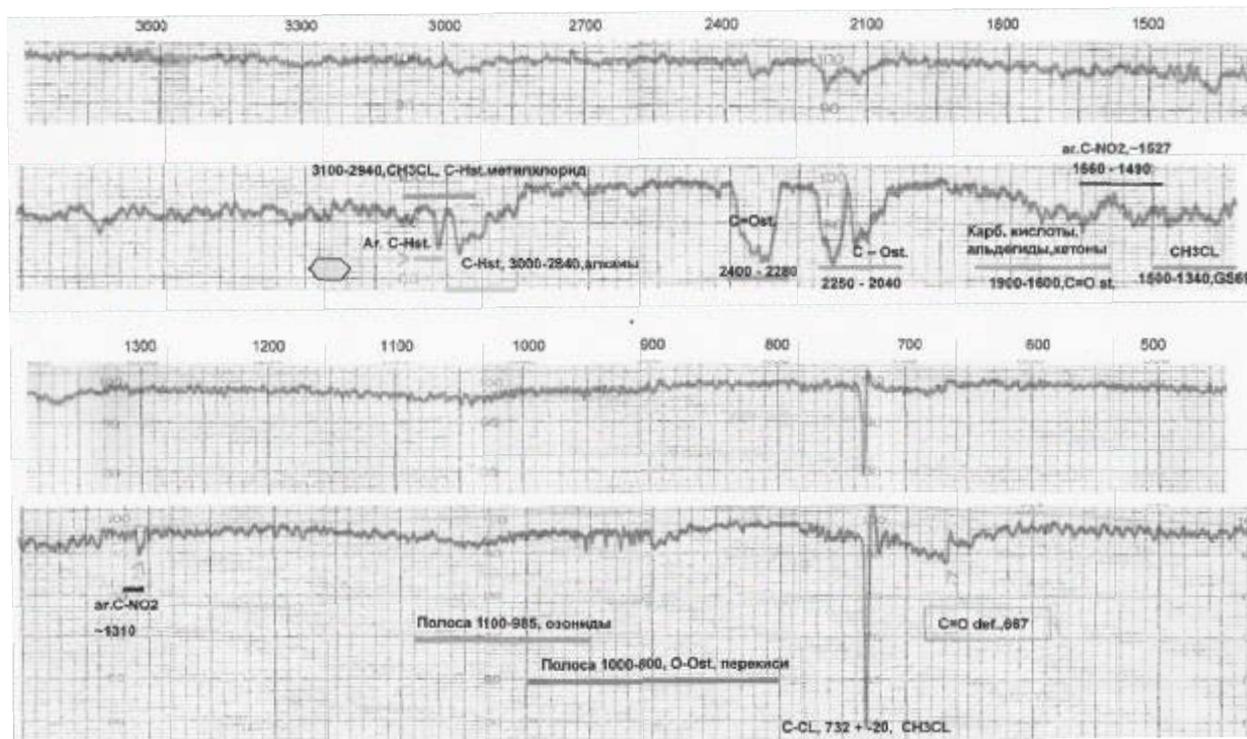


Рис. 4. ИК-спектр ПТОД при искрении в кабеле типа КНР при длительности 4 и 20 минут соответственно

риевой воды D_2O , что вносит определенную корректировку в фоновую составляющую в помещениях такого класса.

На рис. 1, 2 представлены ИК - спектры поглощения ГВС (полоса $4000 - 400 \text{ см}^{-1}$) турбинного (от одного до четырех суток работы) и элек-

тротехнического ЭНП (четверо суток работы оборудования, рис. 3) судна морского базирования с силовой атомной энергетической установкой (АЭУ) на номинальном режиме эксплуатации.

Из анализа спектра в полосах $2000 - 1300$ и $4000 - 3150 \text{ см}^{-1}$ видно, что поглощения соответ-

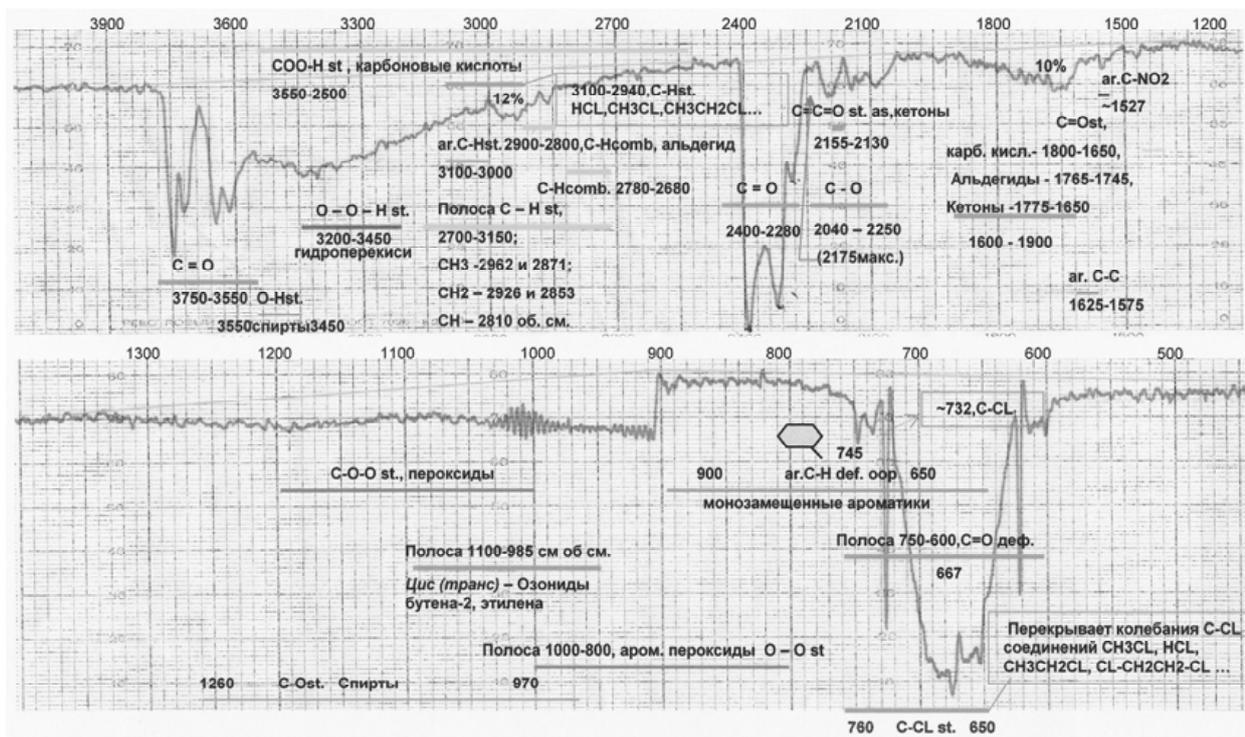


Рис. 5. ИК-спектр ПТОД кабельной продукции серии КНР, образующихся в ГВС под воздействием электрического разряда в течение 60 минут

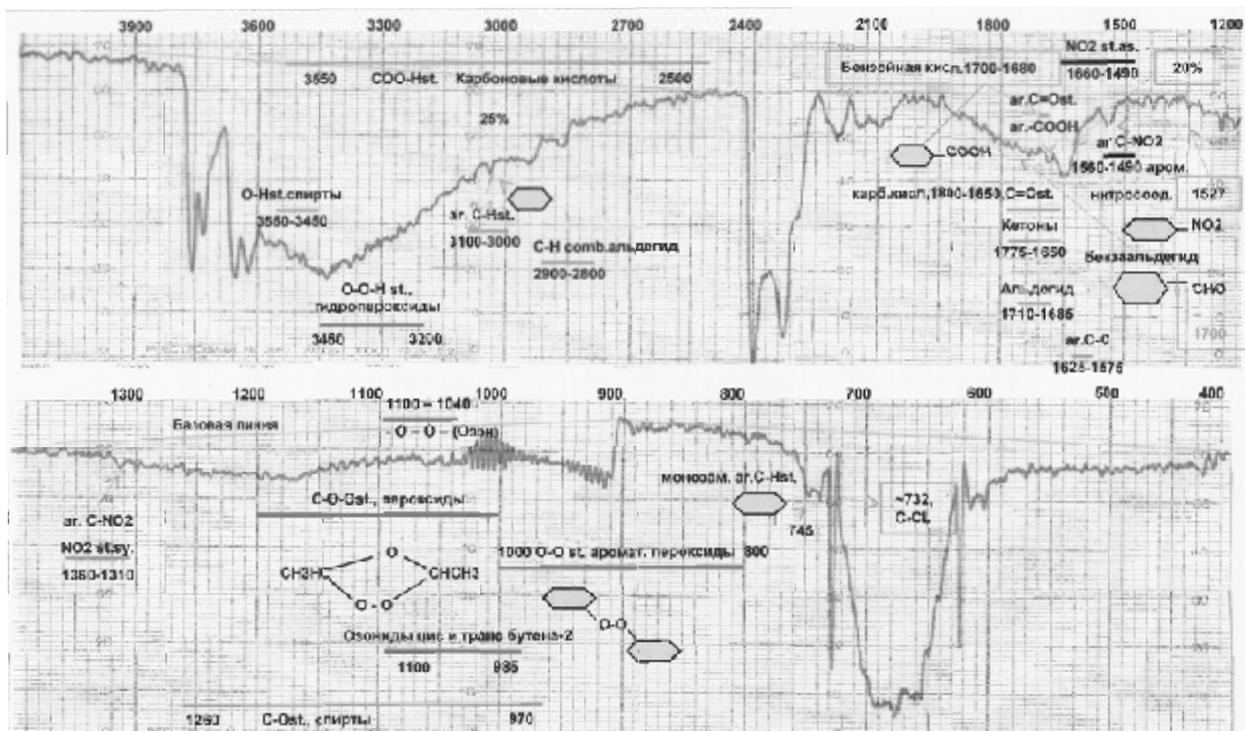


Рис. 6. ИК-спектр ПТОД кабельной продукции серии КНР, образующихся под воздействием электрического разряда в течение 60 минут

ствуют валентным колебаниям гидроксильной и дейтериевой групп перегретого пара O–H, D–O обычной и дейтериевой (D₂O) воды, которые находятся в клатратной форме. Идентификация позволила сделать предположение о содержании в ГВС турбинного помещения паров дейтерие-

вой воды – которые, по всей вероятности, генерируются в экономайзерной зоне парогенераторов, и попадают в объем помещения через лабиринтовые уплотнения турбин. Учитывая такие факторы, как идентичность спектров перегретого пара, обычной и дейтериевой воды, циклич-

ность движения воды образующей рабочий пар, границы коэффициента дейтериевого сдвига ($K=1,3 - 1,4$), а также величину смещения ($\Delta = 110-180 \text{ см}^{-1}$) максимумов их поглощения, появляется возможность прогноза содержания паров дейтериевой воды в помещении [1, 2]. Широкая полоса $2000-1200 \text{ см}^{-1}$ с высокой интенсивностью соответствует деформационным колебаниям гидроксильной и дейтериевой групп О–Н и О–D [2,4].

Полоса для углеводородной группы С – Н st. находится в пределах частот $3150 - 2700 \text{ см}^{-1}$. В этом интервале на частотах 3030, 3025 и 2970, 2940 см^{-1} наблюдаются поглощения, соответствующие валентным колебаниям углеводородных групп вида ar. С – Н st. и С – Н st. (рис. 1.2,3). Из спектров видно, что при увеличении длительности работы оборудования в турбогенераторном помещении (ТП) (рис. 1, 2) в интервале частот $2010 - 1990 \text{ см}^{-1}$ появляются валентно-асимметричные колебания алленовой структуры С = С = С st., которая может быть отнесена к газу аллен [2, 4, 5]. Наличие алленовых соединений подтверждается присутствием в спектре дополнительных колебаний групп (С = С) = С – Н st. (интервал $3050 - 2950 \text{ см}^{-1}$), С = С = С st. sy. ($1075 - 1060 \text{ см}^{-1}$) и (С = С) = СН₂ *сюр* ($\approx 850 \text{ см}^{-1}$).

При этом наблюдается увеличение интенсивности поглощения в диапазонах $1000 - 800$ и $1180 - 986 \text{ см}^{-1}$, соответствующие перекисным соединениям, в том числе ароматическим ar. – О – О –, озонидам и формиатам – производных муравьиной кислоты (рис. 1, 2, 3). При этом фоновые концентрации перекисных соединений в интервале $1200 - 800 \text{ см}^{-1}$, определенные по методике [9,10] с учетом коэффициентов экстинкции, составили для турбогенераторного помещения (1 сутки работы) $C_{O-O} = 3,0 \cdot 10^{-4}$ моль/л, для 4 суток работы оборудования – $C_{O-O} = 5,84 \cdot 10^{-4}$ моль/л, а для электротехнического помещения (ЭТП) (4 суток работы) $C_{O-O} = 2,4 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Концентрация перекисных соединений (группа – О – О –) в интервале $1000 - 900 \text{ см}^{-1}$ составила $C_{O-O} = 20,5 \cdot 10^{-5}$ моль/л (рис. 1) против $1,56 \cdot 10^{-5}$ моль/л (рис. 3).

В начальный период работы оборудования (до 1 суток, рис. 2) в ГВС ТП формируются продукты неполного окисления СО (оксид углерода), валентные колебания молекул С – О st. которого проявляются на частоте $\sim 2230 \text{ см}^{-1}$ в диапазоне $2250 - 2040 \text{ см}^{-1}$. Оксид углерода в дальнейшем окисляется, образованным в результате искрения коллекторных электрических машин, до СО₂ (интервал $2400 - 2280 \text{ см}^{-1}$).

В ЭТП (рис. 3) в ГВС за период эксплуатации оборудования формируются такие же соединения, как и в ТП. Исключение составляют до-

полнительные поглощения молекул диоксида углерода СО₂ (рис. 2, интервал $2250 - 2040 \text{ см}^{-1}$) и газа аллен (рис. 1, $2010-1990 \text{ см}^{-1}$). При этом образующиеся концентрации перекисных соединений C_{O-O} в том числе ароматических и озонидов в интервале $1200 - 800 \text{ см}^{-1}$, несколько меньше чем в ТП ($2,6 \cdot 10^{-4}$ против $3,6 \cdot 10^{-4}$ моль/л). В то же время наблюдается отсутствие характерных для паров дейтериевой воды поглощений на фоне незначительных валентных колебаний гидроксильной группы С – Н st. обычной воды.

В ЭТП (рис. 3) наблюдаются увеличение в два раза поглощение диоксида углерода в интервале $2400 - 2280 \text{ см}^{-1}$, соответствующие валентным колебаниям групп С=Ost. диоксида углерода. Это объясняется дополнительным образованием СО₂ в результате окисления углеводородов озонном, образующимся в результате искрения электрических машин.

Кроме того, появляются признаки поглощения паров обычной воды Н₂О в известных интервалах в виде валентных колебаний гидроксильной группы, о которых описано выше.

Таким образом полосы поглощения $2400 - 2280 \text{ см}^{-1}$ с максимумами 2360 и 2340 см^{-1} и $720 - 620 \text{ см}^{-1}$ с максимумом на частоте 667 см^{-1} соответствует валентным и деформационным колебаниям группы С = О_{st,δ} диоксида углерода, соответственно.

Поглощения в полосе $1180-985 \text{ см}^{-1}$ относятся к озонидам [2,5,7], на которые накладывается полоса ($1000-1125 \text{ см}^{-1}$) соответствующая валентным колебаниям спиртосодержащих соединений вида СН₂–ОН, СН–ОН. Довольно широкую полосу $1000-800 \text{ см}^{-1}$ невысокой интенсивности занимают валентные колебания пероксидов вида О–О_{st}. Гидропероксиды О–О–Н_{st} проявляются в полосе $3450-3200 \text{ см}^{-1}$ и накладываются на полосу поглощения валентных колебаний гидроксильной группы О–Н_{st}.

Такие газообразные соединения, как альдегиды, кетоны, формиаты муравьиной кислоты проявляются в ИК-спектре ГВС [рис. 1,2,3] на частотах $\sim 1130 \text{ см}^{-1}$ (муравьиный альдегид НСО), ацетат альдегид (1130 см^{-1}), формиаты производные муравьиной кислоты НСООН (полосы $1105 - 1033$ и $638 - 625 \text{ см}^{-1}$) [6].

Таким образом, проведенная идентификация соединений и динамика молекулярных соединений газовых компонентов, которые образуются в ГВС электротехнических и турбосиловых судовых помещениях на номинальных режимах, позволяет судить о фоновой составляющей тех или иных газовых компонентах ПТОД, с учетом работающего оборудования в ЭТП и дает косвенное представление о степени износа электротехнического оборудования.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ФОРМИРОВАНИЯ МОЛЕКУЛЯРНЫХ СИСТЕМ ПРОДУКТОВ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ В ГАЗОВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИСКРЕНИЯ В КАБЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Степень применения полимерных материалов в электротехнической продукции, в том числе кабельной, велико. Так, например, такой полимерный материал, как резина, содержит двойную связь С=С в главной цепи макромолекулы, которая сильно взаимодействует с таким окислителем, как озон [7]. Учитывая высокую стойкость к химическим реагентам, в кабельной продукции широко применяется поливинилхлорид (ПВХ), который, за счет сочетания в себе ряда свойств, одновременно заменяет каучук, свинец и хлопчатобумажную ткань. В обмотках электродвигателей в качестве пропиточных электроизоляционных материалов широко применяются перхлорвиниловые смолы. Эти материалы имеют относительно невысокую (более 110 °С температуру разложения). Идентификация динамики молекулярных систем ПТОД, которые выделяются из кабельной продукции, в зависимости от длительности электрических разрядов показана на (рис. 4, 5, 6). Из ИК - спектров видно, что при воздействии тепла и образующегося озона O_3 происходит разложение полимерных материалов с образованием разнообразных радикалов и газовых компонентов, таких, например, как метильная CH_3 и метиленовая группы CH_2 , озон, и происходит дехлорирование ПВХ и хлорсодержащих полимеров с выделением хлора Cl . Эти продукты накапливаются в ГВС помещений, рекомбинируют и образуют разнообразные газовые компоненты, такие, как диоксид и оксид углерода, перекиси и гидроперекиси, озониды, карбонилсодержащие соединения (альдегиды и кетоны). Образующиеся озониды в условиях теплового воздействия подвергаются дальнейшему термическому разложению, что способствует дополнительному накоплению таких ПТОД как оксид и диоксид углерода, формальдегида, валерьянового альдегида, муравьиной и валериановой кислот и т.д. [7]. Идентификация ИК-спектров поглощения ПТОД [1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11] показывает на наличие характерных групп соединений в различных областях спектра. Так, например, совпадение максимумов поглощения показывает на образование озонидов этилена, цис-, транс- озонидов бутена-2 и др. в полосе частот 1100-985 cm^{-1} [4,5,7]. При этом интенсивность поглощения в характерных полосах зависит от длительности искрения в кабеле, так как это способствует более активной термо-

окислительной деструкции с участием такого реагента, как озон. Наиболее интенсивные поглощения наблюдаются в полосе С-СL, которые могут соответствовать таким газовым компонентам, как метилхлорид CH_3CL , этиленхлорид $C_2H_4CL_2$, винилхлорид C_2H_3CL (полоса $730 \pm 20 cm^{-1}$). Это подтверждается сопоставлением с ИК-спектрами газов, полученных в лаборатории Sadtler Research Laboratories, США [1]. Анализ динамики формирования ПТОД в зависимости от длительности искрения (рис.4, 5, 6) указывает на интенсификацию образования углеводородных радикалов вида С-Н (полоса 3150-2700 cm^{-1}), которым соответствуют валентные колебания метильных CH_3 (2962 cm^{-1}) и метиленовых групп CH_2 (2926 cm^{-1}) и группы СН (2810 cm^{-1}). Снижение интенсивности поглощения в полосе С-Н можно объяснить активным окислением углеводородов образующимся озоном, в результате которого появляется полоса 3550-2500 cm^{-1} , соответствующая валентным колебаниям $COO-H_{st}$ карбоновых кислот, на которую накладываются более узкие полосы поглощения образующихся продуктов окисления – гидроперекисей $O-O-H_{st}$ (3450-3200 cm^{-1}) и альдегидов $C-H_{comb}$ (2900-2800 cm^{-1}). Полоса группы $C-H_{comb}$ соответствует полосе резонанса Ферми с деформационными колебаниями группы $C-H_{\delta}$ на частоте $\approx 1390 cm^{-1}$ [3]. В интервале 3750-3550 cm^{-1} на более поздней стадии искрения появляются валентные колебания $C=O_{st}$, соответствующие большей концентрации продукта полного окисления CO_2 (рис. 5, 6). В полосе 2400-2200 cm^{-1} появляется поглощение группы $C=O_{st}$ соответствующая валентным колебаниям диоксида углерода интенсивность которой во времени растет. В диапазоне частот 2175-2100 cm^{-1} идентифицируется поглощение соответствующее продуктам неполного окисления – оксида углерода CO , количество которого на более поздней стадии процесса уменьшается, а продуктов полного окисления (CO_2) увеличивается. Это же происходит и в зоне деформационных колебаний группы $C=O_{\delta}$ 667 cm^{-1} , соответствующая колебаниям диоксида углерода (рис. 4, 5, 6). Достаточно отметить, что эта полоса совпадает с валентно-асимметричными колебаниями образующихся кетонов вида $C=C=O_{st.as}$ (2155-2130 cm^{-1}). Таким образом, интенсивность, а, следовательно, и количество продуктов неполного окисления в этих полосах во времени уменьшается. В полосе 1900 – 1600 cm^{-1} проявляются валентные колебания группы $C=O_{st}$, которые принадлежат карбонилсодержащим соединениям, а именно карбоновым кислотам, альдегидам и кетонам 1800-1650, 1765-1745, 1775-1650 cm^{-1} , соответственно [4]. Колебания

образующихся альдегидов вида C-Hcomb. в полосах 2900-2800, 2780-2680 cm^{-1} накладываются на полосу 3150-2700 cm^{-1} валентных колебаний группы C-H st. По мере увеличения длительности искрения формируются поглощения в полосах 1100 – 985 и 1000-800 cm^{-1} , которые соответствуют колебаниям группы O-O характерные для озонидов и перекисей и являются продуктами окисления озоним полимерных материалов.

В результате высокой температуры от электрического разряда происходит его взаимодействие с азотом воздуха и образования двуокиси азота и нитросоединений. При увеличении длительности искрения в кабельной продукции интенсивность и ширина полосы, которая соответствует валентно- ассиметричным колебаниям NO_2 st.as. (16660 – 1490 cm^{-1}) и валентно-симметричным колебаниям (1390 – 1260 cm^{-1}) происходит увеличение интенсивности поглощения (рис. 4, 5, 6). В этом же диапазоне (1660 – 1490 cm^{-1}), но в более узком интервале (1560-1490 cm^{-1}) проявляются ароматические нитросоединения вида C – NO_2 , к которым можно отнести нитробензол $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{NO}_2$.

В деструктивных процессах под воздействием электрического разряда происходит активное образование CO с колебаниями C-O st. (2250 – 2040 cm^{-1}), которые доокисляются до диоксида углерода CO_2 (валентные колебания группы C=O st., 2400 - 2280 cm^{-1}). Этим объясняется значительный рост интенсивности поглощения в полосе (2400 – 2280 cm^{-1}) с увеличением длительности процесса. Длительность искрения способствует активному увеличению пероксидов O – O st. (1000 – 800 cm^{-1}) и гидропероксидов O – O – H st. (3450 – 3200 cm^{-1}), а также карбоновых кислот COO – H st. (3550 – 2500 cm^{-1}) на фоне активного увеличения поглощения углеводородов C – H st. в том числе ароматических ar. C – H st.

Одновременно длительность искрения способствует активному образованию цис- (транс-) озонидов, которые проявляются в виде скелетных колебаний в интервале 1100 – 985 cm^{-1} . например озониды цис- и транс- бутена 2 [7] (рис. 5, 6).

Кроме того, происходит образование газообразных монозамещенных ароматиков вида: валентные колебания ar C-Hst (полоса 3100-300 cm^{-1}), ar C- NO_2 st (~ 1527 cm^{-1}), ar C-C st (1625-1527 cm^{-1}), деформационные плоскостные колебания ar C-H def. oop, ~ 745 cm^{-1} (в полосе 900-650 cm^{-1}) (рис.4) [4].

Таким образом, идентификация показывает, что при увеличении длительности искрения в кабельной продукции в ИК-спектре активно проявляется поглощение в полосах, соответствующих углеводородным, карбонилсодержа-

щим, кислородосодержащим и хлорсодержащим соединениям. При этом наблюдается корреляция идентифицируемых полос поглощения с образующимися ПТОД в ГВС природы (рис.1, 2, 3) и экспериментальных исследований с кабельной продукцией (рис. 4, 5, 6). В заключение можно отметить, что процессы термоокислительной деструкции сопровождаются образованием углеводородсодержащих, карбонилсодержащих соединений и кислот, перекисей, гидроперекисей, озонсодержащих соединений (озониды), монозамещенных ароматиков, которые накапливаются и проявляются в ИК-спектре ГВС ЭНП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на номинальных режимах эксплуатации электротехнического оборудования в ГВС образуются молекулярные системы, которые формируют в ЭНП фон, по изменениям которого можно обнаруживать возникновение кризисных ситуаций, в том числе предожарных, а также судить о степени износа электротехнического оборудования.

Кроме того, полученные закономерности позволяют судить об уровне опасности режимов эксплуатации электротехнического оборудования и соответственно, степени пожарной опасности помещения.

В заключение можно отметить, что представленные исследования показывают на закономерности, динамику и избирательность формирующихся молекулярных систем ПТОД в ГВС ЭНП, что позволяет обосновывать и уточнять параметры интерференционных дифференциальных фильтров, необходимых для разработки и совершенствования перспективных устройств диагностики ППС, чувствительность которых может быть увеличена физическими методами многократно [7, 8, 9, 10, 11]. Реализация подхода позволит поднять на новый качественный уровень противопожарную защиту различного класса ЭНП объектов экономики, энергетики, транспорта, а также минимизировать экономический ущерб и людские потери.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Органическая химия: В 4-х частях. Ч.1 /О.А.Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. 3-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 567 с.
2. Gases and vapors. HIGH Resolution infrared spectra. Sadtler Research Laboratories, In.C., Subsidiary of block Engineering, Inc. 1972. 323 с.
3. *Жарский И.М., Новиков Г.И.* Физические методы исследования в неорганической химии: Учеб. пособие для хим. и хим.-технол. вузов. М.: Высшая. школа, 1988. 271 с.: ил.

4. *Преч Э., Бюльманн Ф., Аффольтер К.* Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных. Пер. с англ. М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 438 с.
5. *Беллами Л.* Инфракрасные спектры сложных молекул. М.: Изд-во иност. лит. 1963. 590с.
6. *Свердлов М.А.* Колебательные спектры многоатомных молекул. М.: Наука, 1970.
7. *Разумовский С.Д., Заиков Г.Е.* Озон и его реакции с органическими соединениями (кинетика и механизм). М.: Наука, 1974. 360 с.
8. *Афанасьев Ю.А., Беседин С.Н.* Научно-технические основы диагностики пожароопасной ситуации методом инфракрасной спектроскопии / Сборник тезисов 10-го симпозиума по горению и взрыву. Сборник "Горение. Химическая физика процессов горения и взрыва". М.: Черноголовка, 1992. С. 162-163.
9. *Беседин С.Н., Афанасьев Ю.А.* Способ диагностики предпожарной ситуации и устройство для его осуществления: пат. 2022250 Рос. Федерация. № 5018650/25; заявл. 25.11.1991; опублик. 30.10.1994. Бюл.№ 20.
10. *Беседин С.Н.* Диагностика и прогноз формирования кризисной ситуации в энергонасыщенных помещениях с учетом зондирования газовой среды // Известия Самарского научного центра РАН. Специальный выпуск "ELPIT-2007". Серия "Экология". 2007, С. 23-28.
11. *Беседин С.Н.* Новый подход к диагностике и прогнозу формирования предпожарной ситуации в энергонасыщенных помещениях // Безопасность жизнедеятельности. 2009. № 1. С. 48-52.
12. *Беседин С.Н.* Динамика молекулярных систем при формировании продуктов термоокислительной деструкции в газовой среде энергонасыщенных помещений в период кризиса // Сборник трудов второго экологического конгресса ELPIT-2009, Тольятти, сентябрь 2009. Т.2. С.125-130.

DYNAMICS OF MOLECULAR SYSTEMS DURING FORMING OF THE PRODUCTS OF THERMOOXIDEN DESTRUCTION IN GAS-AIR MEDIUM OF ENERGIZED COMPARTMENTS

© 2010 S.N. Besedin

Volgograd State Pedagogical University

In this article we described at the molecular level the principals of forming thennooxiden destruction products in gas-air medium of energy-filled compartments sea ships with atomic energy arrangement on nominal regime exploitation and products of different electro insulating cable production in result influence electric discharge.

Key words: molecular systems during forming of the products of thermooxiden destruction, infra - red spectra of absorption, electric discharge in electro insulating cable production, range of spectrum, peroxide group, aldehydes, nitro, chloride and aromatic junctions, ozonides, differential interfering filter