

УДК 620.169.1

## ОЗОНОСТОЙКОСТЬ МАТЕРИАЛОВ САЛОННОГО ИНТЕРЬЕРА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

А.А. Алиев<sup>1</sup>, А.Ю. Ампилогов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальная академия авиации, г. Баку, Азербайджанская Республика  
e-mail: akper@mail.ru

<sup>2</sup>МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

*Предложено использование озонозоооздушной смеси как наиболее эффективно-го и доступного дезинфектанта для санации салонов воздушных судов от патогенной микрофлоры. Поставлен вопрос о возможном разрушительном действии озона на наиболее типичные материалы интерьера салона пассажирских самолетов Boeing, в том числе полимеры. Определена устойчивость полимерных материалов отделки салона (резинотканей, арамидных тканей, пропитанных эпоксидной смолой, полиамида, полиимиды, кремнийорганической резины, кевлара) к действию озона. Получены данные о динамике взаимодействия и природе промежуточных продуктов реакции на предмет сохранения материалами отделки своих физико-механических свойств при периодической санации озонозоооздушной смесью для принятия решения о допустимости дальнейшего использования озона в качестве дезинфицирующего средства на воздушном транспорте.*

**Ключевые слова:** озонирование, санация, салон, интерьер, кевлар, BMS 8-381 L-728B, BMS 8-381 L-728B-220A, BMS 8-264 STYLE 285, BMS 8-270 ROTOMOLD, BMS 8-300 TYPE 2 GR5, кремнийорганическая резина, арамидные ткани, полиамид, полиимид, озоностойкость.

## OZONE RESISTANCE OF AIRCRAFT INTERIOR MATERIALS

A.A. Aliyev<sup>1</sup>, A.Yu. Ampilogov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Aviation Academy, Baku, Azerbaijan Republic  
e-mail: akper@mail.ru

<sup>2</sup>Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

*The technology of ozone sanitation of aircraft cabins was proposed. Tests of ozone resistance of aircraft interior materials were carried out. Influence of ozone on physical and mechanical properties of tested materials was estimated in order to make a further decision on admissibility of periodic use of ozone as a disinfectant in aircraft cabin. Dynamics of interaction between ozone and interior materials was also studied.*

**Keywords:** ozonation, sanitation, cabin, interior, kevlar, BMS 8381 L-728B, BMS 8-381 L-728B-220A, BMS 8-264 STYLE 285, BMS 8-270 ROTOMOLD, BMS 8-300 TYPE 2 GR5, silicone rubber, aramid fabrics, polyamide, polyimide, ozone resistance.

Одной из проблем, снижающих безопасность пассажирских авиационных перевозок, является опасность распространения инфекционных заболеваний. В этой связи ИКАО и ВОЗ ведут работу по изысканию безопасных и эффективных методов санации воздушных судов (ВС) [1–5].

В настоящее время в целях дезинфекции и дезинсекции салонов авиакомпаниями применяются специальные аэрозоли. При определенных обстоятельствах (распыление превышающих норму концентраций, неправильное применение и т.п.) эти препараты могут вызывать негативные последствия для здоровья экипажа и пассажиров.

Для решения указанных проблем были предложены иные способы санации, в том числе с использованием в качестве дезинфицирующего средства озонородной смеси [6, 7]. Благодаря высокой бактерицидной и химической активности озон полностью обеззараживает помещение (включая труднодоступные места) от болезнетворных агентов, уничтожает биологические и прочие запахи, а также вызывает гибель насекомых [8, 9]. При концентрации озона  $50 \text{ мг/м}^3$  (25 ppm) все микроорганизмы погибают в течение нескольких минут [10]. Важнейшим преимуществом озона является то, что его выработка из кислорода воздуха осуществляется непосредственно на месте, а по завершении процесса обработки остаточный озон превращается в кислород.

Известно, что озон является сильным окислителем [11, 12] и относится к категории вредных веществ. В разных странах действуют разные нормы содержания озона в воздухе. Согласно гигиеническим нормативам стран бывшего СССР, предельно допустимая среднесуточная концентрация озона в воздухе составляет  $0,03 \text{ мг/м}^3$  ( $\sim 15 \text{ ppb}$ ), а максимальная разовая —  $0,16 \text{ мг/м}^3$  ( $\sim 80 \text{ ppb}$ ) [13], тогда как Агентство по охране окружающей среды США (US EPA) установило ПДК озона (NAAQS for ozone)  $0,075 \text{ ppm}$  ( $75 \text{ ppb}$ ) [14]. При работе с повышенными концентрациями озона необходимо использовать соответствующие средства защиты дыхательных путей (маски, респираторы и др.). Из-за токсичности бактерицидных концентраций озона все оборудование должно быть исправным, утечки недопустимы.

Возможное применение технологии озонирования также требует обязательного учета взаимодействия рабочих концентраций озона с материалами отделки салона ВС, изготовленными из разных органических и металлических материалов.

Металлические материалы (не считая собственно несущей конструкции планера) применяются в салоне в качестве каркаса кресел, рельсов и крепежных элементов салонной мебели (конструкционные сплавы на основе алюминия и магния), а также в радио- и электрооборудовании (электротехнические сплавы на основе благородных и полублагородных металлов). Благодаря защитным покрытиям и пленкам металлические материалы (в том числе алюминий [15]) не взаимодействуют с озоном. Платы радиоэлектронного оборудования, как правило, заливаются защитными компаундами, стойкими к окислителям.

Рассматривая полимерные материалы салона можно отметить, что в соответствии с п. 25.853 Авиационных правил (АП-25, FAR-25, JAR-25) при производстве отделки салона разрешается использовать только негорючие и огнестойкие материалы, п. 25.832 ограничивает концентрацию озона в кабине в пределах 0,25 ppm.

Однако сами по себе негорючесть и огнестойкость не являются достаточными признаками, подтверждающими озоностойкость материала. Кроме того, способность материала сохранять свои свойства при 0,25 ppm озона также не означает его озоностойкость при более высоких концентрациях, используемых для инактивации патогенов.

Для принятия решения о допустимости использования озона в качестве дезинфицирующего средства необходимо подтверждение достаточной озоностойкости материалов салона. С этой целью были отобраны материалы, наиболее часто используемые при изготовлении и отделке салонов ВС фирмы Boeing. Среди них значительное место занимают полиамиды, эпоксидные смолы и в несколько меньшей степени кремнийорганические эластомеры (таблица).

**Перечень полимерных материалов, применяемых при изготовлении и отделке салонов пассажирских самолетов Boeing**

Обозначение материала	Оригинальное название	Описание
1-1 BMS 8-381 L-728B	Resin coated fabrics used for lightweight duct construction meeting flame propagation requirements	Резинотканые огнестойкие рукава
BMS 8-381 L-728B-220A		
BMS 8-264 STYLE 285	Aramid fabrics preimpregnated with epoxy resin for vacuum bag process	Арамидные ткани, пропитанные эпоксидной смолой
BMS 8-270 ROTOMOLD	Polyamide (nylon) injection molding and rotomolding resins for interior applications	Полиамид (нейлон)
BMS 8-300 TYPE 2 GR5	Aircraft polyimide foam	Полиимид
SILICON RUBBER	Silicon rubber	Кремнийорганическая резина
KEVLAR	Kevlar	Кевлар

Примечание. BMS – Boeing Material Specification

Поскольку сведений об озоностойкости указанных материалов в их технической документации и литературе не обнаружено, вопрос воздействия озона на них озона является актуальным и составляет основную цель настоящей работы.

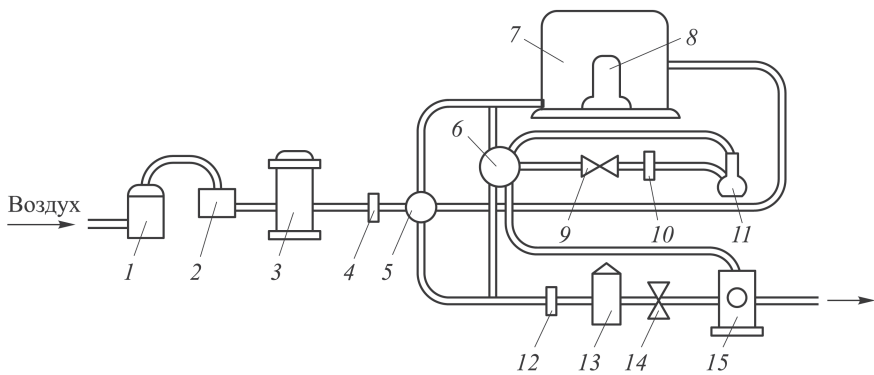
**Материалы и методы.** Оценку деструктивных процессов резины в ходе озонирования проводили, исследуя динамику присоединения озона к образцам, образование промежуточных лабильных продуктов (в частности, свободных радикалов), исследуя поверхность образцов на предмет образования трещин, используя рекомендации ГОСТ 9.026–74 “Единая система защиты от коррозии и старения. Резины. Методы ускоренных испытаний на стойкость к озонному и термосветоозонному старению”.

Сущность методов заключается в том, что образцы подвергают статической или динамической деформации растяжения в среде озонированного воздуха при заданных концентрациях озона, энергетической освещенности и температуре и определяют стойкость резин к указанным воздействиям по одному или нескольким характерным показателям:

- наличию или отсутствию трещин после заданной продолжительности старения при визуальном осмотре, ( $t_T$ );
- продолжительности старения до появления первых трещин, обнаруживаемых при визуальном осмотре ( $t_{и}$ );
- продолжительности старения до разрыва образца ( $t_p$ );
- коэффициенту озонного старения по условной прочности при растяжении ( $K_o$ );
- коэффициенту термосветоозонного старения по условной прочности при растяжении ( $K_{тсо}$ );
- максимальной объемной доли озона, при которой в течение заданной продолжительности старения не наблюдается растрескивания образцов ( $c_{max}$ );
- пороговой деформации — максимальному значению статической деформации растяжения, при котором на образце, испытанном в заданных условиях после заданной продолжительности старения, отсутствуют трещины при визуальном осмотре ( $E_{п}$ ).

Образцы для определения  $t_T$ ,  $t_{и}$ ,  $c_{max}$  и  $E_{п}$  имели размеры  $(120,0 \pm 1,0) \times (10,0 \pm 0,5) \times (2,0 \pm 0,2)$  мм; для определения  $t_p$  —  $(120,0 \pm 1,0) \times (10,0 \pm 0,5) \times (0,5 \pm 0,1)$  мм. Для определения каждого из показателей использовали пять образцов. Для определения  $E_{п}$  — по три образца при каждом выбранном значении деформации. Длина рабочего участка нерастянутого образца по внутренним краям меток составляла  $(60,0 \pm 0,5)$  мм. Образцы хранили в условиях, исключающих воздействие света и озона при температуре  $(23 \pm 2)$  °С.

Закрепляемые в зажимах части образцов защищали липкой поливинилхлоридной электроизоляционной лентой по ГОСТ 16214. При разрушении образцов около зажимов или по ребрам проводили повторные испытания. При этом части образцов, закрепляемые в зажимах и прилегающие к ним от 1 до 2 мм рабочего участка, а также ребра



**Рис. 1. Схема установки для испытаний:**

1 — осушитель; 2 — фильтр поглотительный; 3 — озонатор; 4, 10, 12 — ротаметр; 5 — распределительный кран; 6 — кран системы отбора проб; 7 — камера для испытаний; 8 — образец в камере; 9, 14 — регулировочный вентиль; 11 — колба для отбора проб; 13 — камера разложения озона; 15 — вакуумный насос

и прилегающие к ним части рабочего участка шириной не более 1 мм покрывали перед испытанием двумя-тремя слоями озоностойкого покрытия марки ПЭ-37 по техническим условиям.

Установка для испытаний состояла из испытательной камеры, озонатора и устройства для определения концентрации озона. Схема прохождения озонированного воздуха через установку приведена на рис. 1. Относительная влажность воздуха была не более 65 %. Очистка и осушение воздуха проводились в колонках, заполненных осушителем — силикагелем по ГОСТ 3956 и в поглотительных фильтрах.

Установка обеспечивала:

- проведение испытаний образцов в среде озонированного воздуха, получаемого превращением в озон части кислорода воздуха;
- генерирование озона в пределах объемных долей озона от  $2,5 \cdot 10^{-5}$  (0,25 ppm) до  $1,0 \cdot 10^{-1}$  % (1000 ppm) в любом диапазоне указанного предела концентраций, постоянство заданной концентрации озона в камере в течение времени проведения испытания;
- контроль концентрации озона до входа в камеру и на выходе из камеры (или в камере);
- непрерывность потока озонированного воздуха через камеру во время отбора проб воздуха в процессе испытаний;
- равномерное воздействие озонированного воздуха на все образцы;
- скорость потока озонированного воздуха в камере не менее 8 мм/с, измеряемую с предельной допускаемой погрешностью  $\pm 10\%$ ;
- поглощение, разложение или удаление отработанного озонированного воздуха;
- поддержание в камере заданной температуры с предельной допускаемой погрешностью  $\pm 2^\circ\text{C}$ ;

— возможность наблюдения за состоянием поверхности образцов в камере в процессе испытаний.

Для осмотра образцов применяли лупу по ГОСТ 25706, обеспечивающую 7-кратное увеличение.

Подготовленные образцы подвергали исходной статической деформации растяжения или изгибу. Затем образцы помещали в испытательную камеру.

Испытания для определения  $t_T$ ,  $t_{и}$ ,  $t_p$ ,  $K_o$ ,  $K_{тсо}$  и  $E_{п}$  проводили при одном из следующих значений объемной доли озона, %:  $(2,5 \pm 0,5) \times 10^{-5}$ ,  $(5,0 \pm 0,5) \cdot 10^{-5}$ ,  $(10,0 \pm 1,0) \cdot 10^{-5}$  или  $(2,0 \pm 0,2) \cdot 10^{-4}$ ,  $(0,25 \pm 0,05 \text{ ppm}$ ,  $0,5 \pm 0,05 \text{ ppm}$ ,  $1 \pm 0,05 \text{ ppm}$  и  $2 \pm 0,2 \text{ ppm}$ ).

Отсчет времени испытаний начинали спустя 5 мин после начала пропускания озонированного воздуха требуемой концентрации через испытательную камеру. Скорость потока озонированного воздуха в камере была от 12 до 16 мм/с. Концентрацию озона в процессе испытания определяли не реже одного раза в 2 ч.

Температуру испытаний выдерживали в стандартах или технических условиях на материалы или изделия, изготовленные из них. При вынужденных перерывах образцы хранили в темноте в отсутствие озона при температуре  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  и относительной влажности не более  $(50 \pm 5)\%$ .

Осмотр образцов при определении  $t_{и}$  и  $t_p$  проводили не реже, чем через следующие промежутки времени: 6 мин — при испытаниях до 1 ч; 20 мин — при испытаниях от 1 до 4 ч; 60 мин — при испытаниях от 4 до 16 ч; 120 мин — при испытаниях свыше 16 ч. Осмотр образцов при определении  $t_T$ ,  $E_{п}$  проводили после заданной продолжительности старения.

Общее время экспозиции для всех образцов при концентрации 1000 ppm составило 3 месяца (1100 ч).

Условную прочность при растяжении образцов после озонного старения определяли по ГОСТ 270.

Природу промежуточных продуктов реакции материалов с озоном исследовали с использованием метода ЭПР. В опытах использовали ЭПР-спектрометр BRUCKER-BIOSPIN. Спектры получали в поле с центром 3480 Гс, интегрировали 4 скана.

Природу функциональных групп изучали с помощью спектрофотометра для УФ- и видимой областей спектра FTR-IR Spectrophotometer (BRUKER) и оптического микроскопа OLYMPUS CX 21 с фиксацией и цифровой обработкой изображений.

Динамику реакции озона с испытуемыми материалами исследовали, используя приведенную установку.

Озон генерировался в электрическом разряде при напряжении 4...9 кВ. Разрядное устройство включало два коаксиальных металлических электрода цилиндрической формы  $150 \times 21 \times 02$  и  $150 \times 15 \times 0,2$ ,

между которыми введен стеклянный диэлектрик размером  $190 \times 19 \times 1,0$  мм, и повышающий трансформатор. Потребляемая озонатором мощность составляла 5...10 Вт. Из реактора озоновоздушная смесь поступала в проточную кювету длиной 100 мм, помещенную на пути светового луча измерительной камеры спектрофотометра (АДС-2).

Концентрацию озона на входе и выходе из реактора ( $[O_3]_0$  и  $[O_3]_r$  соответственно) определяли спектрофотометрически по изменению оптической плотности газового потока при  $\lambda = 254$  нм. Чувствительность по концентрации озона составляла  $\sim 10^{-8}$  моль/л.

Концентрацию озона определяли по калибровочному графику  $I = f([O_3])$ , где  $I$  — расстояние, пройденное пером самописца от начала отсчета.

Количество поглощенного озона рассчитывается по данным измерения его концентрации на входе и выходе из реактора по соотношениям, приведенным далее.

Через пустой реактор пропускали поток газа, содержащий озон и на выходе спектрофотометрически определяли его концентрацию. В отсутствие веществ, реагирующих с озоном, концентрация озона на выходе из реактора  $[O_3]_r$  постоянна и равна концентрации озона на входе в реактор  $[O_3]_0$ .

При введении в реактор образца, содержащего реакционно-способные связи, концентрация озона на выходе  $[O_3]_r$  уменьшается и по мере исчерпания последних, ее значение возрастает, достигая исходных после полного протекания реакции.

Удельную скорость присоединения озона, необходимую для нахождения основных кинетических параметров реакции, рассчитывается по формуле

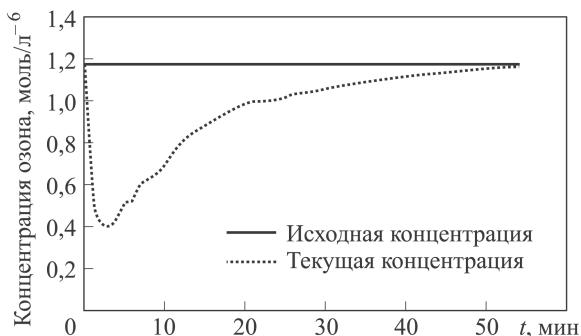
$$W = ([O_3]_0 - [O_3]_r)v_r/S,$$

где  $v_r$  — скорость подачи озono-кислородной смеси;  $S$  — площадь поверхности образца.

**Результаты и их обсуждение.** За результат испытаний принимали:

- среднее арифметическое значение показателей не менее пяти образцов (коэффициента озонного старения, максимальной концентрации озона, при которой в течение заданной продолжительности старения не наблюдается растрескивания образцов; наличия или отсутствия трещин после заданной продолжительности старения на каждом образце при визуальном осмотре);

- продолжительность старения, в течение которой появились первые трещины на одном из образцов при визуальном осмотре; пороговую деформацию, при которой ни на одном образце не обнаружены трещины после заданной продолжительности старения при визуальном осмотре).



**Рис. 2.** Динамика присоединения озона кевларом в зависимости от времени экспозиции

Коэффициент озонного старения вычисляли по формуле

$$K_o = P_{2o}/P_{1o},$$

где  $P_{1o}$  — условная прочность при растяжении до озонного старения;  $P_{2o}$  — условная прочность при растяжении после озонного старения.

Сопоставимыми считали результаты испытаний при одинаковых размерах и способах изготовления образцов, условиях испытаний (температуре, деформации, концентрации озона, скорости потока, энергетической освещенности), загрузке камеры, способе отбора проб (по выбору места) для определения концентрации озона, продолжительности хранения изделий до изготовления из них образцов.

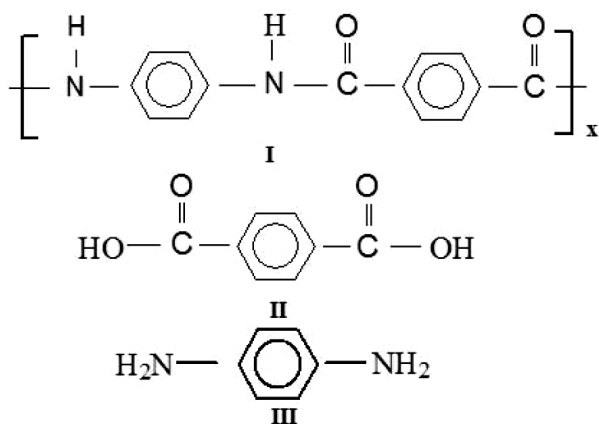
В начальной серии испытаний выбрали полиамид BMS 8-270 Rotomold для внутренней отделки и кевлар. Полиамид использовали в двух видах — в виде пленки и в виде комплексных нитей (по 50 волокон, толщиной 0,3 мкм). Кевлар — в виде ткани и отдельных нитей.

Первым шагом в опытах было изучение поглощения озона пучком волокон. Выяснено, что оба полиамида поглощают озон. Характер поглощения озона кевларом показан на рис. 2.

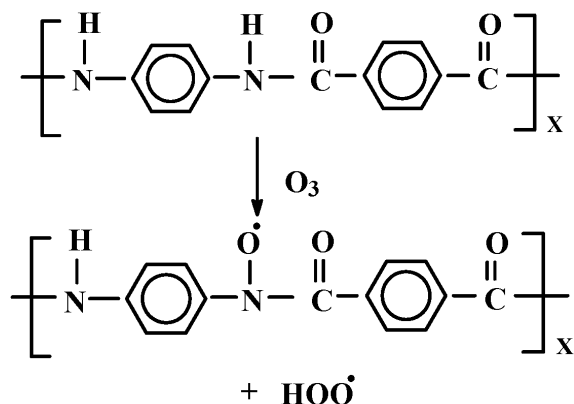
По экспериментальным результатам рассчитано количество озона, присоединившееся на 1 г и 1 см<sup>2</sup> поверхности кевлара: на 1 г —  $6,88 \cdot 10^{-6}$  моля ( $3,30 \cdot 10^{-4}$  г), на 1 см<sup>2</sup> поверхности —  $3,85 \cdot 10^{-9}$  моль ( $1,85 \cdot 10^{-7}$  г).

Более подробная расшифровка взаимодействия озона с образцом материала была сделана при исследовании озонирования нитей, полученных расплетением ткани и постановке опытов с волокнами. Необходимость расплетения диктовалась условиями точного измерения поверхности образца материала и исследования состава функциональных групп, образовавшихся в результате действия озона. Материал нитей поглощал порядка  $1 \cdot 10^{-4}$  моль озона на 1 г. Рассмотрение строения мономерного звена кевлара (I) показало, что оно состоит из молекулы терефталевой кислоты (II) и молекулы п-фенилендиамина (III):





При реакции кевлара с озоном наблюдалось образование и последующее расходование нитроксильных радикалов. Конечными продуктами реакции являлись, по-видимому, аминоксидные функциональные группы. С учетом сказанного можно предложить следующий вероятный механизм реакции:



Обращают на себя внимание два экспериментальных факта:

а) количество озона в расчете на массу испытуемого образца крайне мало;

б) реакция прекращается самопроизвольно, хотя более 99,9% реакционно-способных амидных групп еще не вступали в реакцию.

Очевидно, что реакция озона с кевларом протекает в тонком приповерхностном слое волокна — образуется защитная пассивирующая пленка, препятствующая дальнейшему окислению кевлара. Физико-механические свойства материала сохраняются в полном объеме.

Результаты исследования динамики поглощения озона полиамидом BMS 8-270 Rotomold во многом оказались сходными с изложенным ранее, только из-за небольшой разницы в строении элементарных звеньев макромолекул промежуточные и конечные продукты реакции оказались различными. Если для кевлара характерны нитроксильные

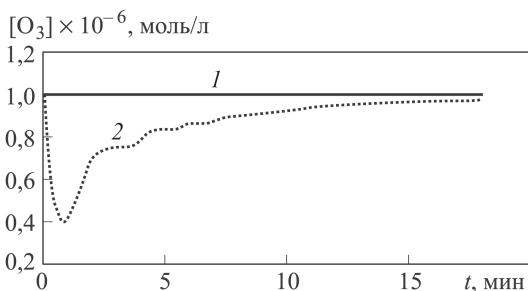
радикалы и аминоксиды, то для полиамида конечными продуктами являлись имиды, свободных радикалов зафиксировать не удалось.

Изучение кинетики присоединения озона образцом кремнийорганической резины показало, что динамика присоединения имеет сходный с кевларом характер: в начальные моменты наблюдается интенсивное присоединение озона, которое с течением времени прекращается. Из кинетических данных было рассчитано количество присоединенного озона на  $1 \text{ см}^2$  поверхности, которое составило  $1,16 \cdot 10^{-7}$  моля или  $5,57 \cdot 10^{-6}$  г. Это почти на порядок больше, чем присоединялось на  $1 \text{ см}^2$  поверхности кевлара, поэтому кремнийорганическую резину можно отнести к классу умеренно-стойких. Длительные испытания (744 ч) кремнийорганической резины в атмосфере 1000 ppm озона показали, что с течением времени наблюдалось изменение механических свойств образцов — происходит постепенное “охрупчивание” материала.

На озонную стойкость были испытаны также BMS 8-381 L-728B (1), BMS 8-381 L-728B-220A (2), BMS 8-264 STYLE 285 (3), BMS 8-300 TYPE 2 GR5 (4). Испытания показали, что образцы (1) и (2) не поглощают озон в течение всего времени испытаний. У образца (1) не наблюдается никаких видимых изменений. Обработка озоном не приводит к появлению посторонних запахов. Для образца (2) при обработке высокой концентрацией озона (70...80 мг/л в течение 2 ч) наблюдалось появление запаха органики после извлечения из реактора, который быстро исчезал. Наблюдалось также появление липкости на одной из поверхностей (на гладкой стороне образца), которая также исчезала по прошествии нескольких часов.

Материалы образцов (3) и (4) реагировали с озоном достаточно активно. Однако в случае образца (3) поглощение озона заканчивалось очень быстро (в течение 15 мин) и в дальнейшем больше не наблюдалось, изменения внешнего вида и механических свойств тоже не наблюдалось (рис. 3).

Образец (4) присоединял озон с самого начала испытаний с большой скоростью. Присоединение озона происходило в течение всего



**Рис. 3. Динамика присоединения озона образцом BMS 8-264 STYLE 285:**

1 — концентрация озона на выходе из реактора в отсутствие образца; 2 — в присутствии образца

времени эксперимента. При этом наблюдалось механическое разрушение вспененной части: вспененный материал начинал осыпаться. По-видимому, его можно отнести к нестойким к озону материалам.

Все перечисленные материалы были помещены в климатическую камеру, где испытывались на озоностойкость по ускоренной методике в течение 3-х месяцев (1100 ч при 1000 ppm). Температура испытаний составляла  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  и поддерживалась автоматически с точностью  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

Часть образцов испытывалась с изгибом (30 мм), часть — с растяжением. В течение периода испытаний образцы периодически извлекались и осматривались на предмет образования трещин. В течение периода наблюдений у всех образцов образования трещин не наблюдали, на кремнийорганической резине в ходе испытаний видимых трещин не образуется, она становится жесткой; на BMS 8-300 TYPE 2 GR5 в принципе не может образовываться трещин в силу его свойств — у него вспененная часть начинает осыпаться. Расчет коэффициента озонного старения после окончания опыта  $K_o = P_{2o}/P_{1o}$  показал, что он равен  $1 \pm 0,1$ . Это позволяет оценить испытывавшиеся материалы, за исключением BSM 8-399 TYPE 2 GR5, как озоностойкие.

Проведенные испытания (1000 ч, 1000 ppm) показали, что представленные образцы, за исключением BMS 8-300 TYPE 2 GR5, достаточно устойчивы к действию озона:

- у них отсутствовали трещины после заданной продолжительности старения при визуальном осмотре, ( $t_T$ );

- продолжительность старения до появления первых трещин, обнаруживаемых при визуальном осмотре ( $t_n$ ), не установлена в связи с окончанием времени испытаний;

- продолжительность старения до разрыва образца ( $t_p$ ) не установлена по вышеуказанной причине;

- коэффициент озонного старения по условной прочности при растяжении ( $K_o$ ) равен  $1 \pm 0,1$ ;

- максимальная объемная доля озона, при которой в течение заданной продолжительности старения не наблюдается растрескивания образцов ( $c_{\max}$ ), не установлена;

- пороговая деформация — максимальное значение статической деформации растяжения, при котором на образце, испытанном в заданных условиях после заданной продолжительности старения, отсутствуют трещины при визуальном осмотре ( $E_n$ ), не определена.

Кремнийорганическую резину можно отнести к классу умеренностойких (до 744 ч при 1000 ppm). Полиимид BMS 8-300 TYPE 2 GR5 можно отнести к нестойким к озону материалам.

Основываясь на полученных экспериментальных данных можно заключить, что периодическая санация салонов воздушных судов озонородной смесью в концентрации до 1000 ppm может быть использована при условии отсутствия или изолированности изделий из

полимерного материала типа BMS 8-300 TYPE 2 GR5 от воздействия озона.

**Выводы.** 1. Полимерные материалы отделки салонов пассажирских самолетов Boeing после экспозиции в течение 1000 ч при 1000 ppm озона типа BMS 8-381 L-728B и BMS 8-381 L-728B-220A (резинотканые огнестойкие рукава), BMS 8-264 STYLE 285 (арамидные ткани, пропитанные эпоксидной смолой), BMS 8-270 Rotomold (полиамид) и кевлар являются озоностойкими.

2. Кремнийорганическую резину (silicon rubber) можно отнести к классу умеренно-стойких к озону (до 744 ч при 1000 ppm).

3. Полиимидный материал BMS 8-300 TYPE 2 GR5 можно отнести к нестойким к озону материалам.

4. Периодическая санация салонов воздушных судов озоновоздушной смесью в концентрации до 1000 ppm может быть использована при условии отсутствия или изолированности изделий из материала типа BMS 8-300 TYPE 2 GR5 от воздействия озона.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда развития науки при Президенте Азербайджанской Республики — гранты № ЕЭФ-2011-1(3)-82/47/3 и № ЕЭФ-2011-1(3)-82/11/1.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. 37-я сессия технической комиссии ИКАО. Доклад технической комиссии по пунктам 42 и 43 повестки дня. A37-WP/396, P/60, 5/10/10.
2. 37-я сессия технической комиссии ИКАО, п. 43. Нехимическая дезинсекция пассажирского салона и кабины экипажа воздушных судов, выполняющих международные рейсы. Предотвращение распространения инфекционных болезней нехимическими методами. A37-WP/59, TE/15, 14/7/10.
3. WHO, Department of public health and environment, issue 37/September 2011.
4. Второе Европейское совещание механизма сотрудничества по предотвращению распространения инфекционных болезней воздушным транспортом (CAPSCA EUR/2), Франкфурт, Германия, 3–5 июля 2012.
5. Guide to hygiene and sanitation in aviation, 3rd ed. World Health Organization. Geneva, 2009.
6. Pashayev A.M., Mehdiyev F.Sh., Askerov D.D., Djafarzade R.M., Nizamov T.I., Isayev A.I. Method for disinfecting aircraft cabins and device for carrying out said method, PCT WO 2005/122669 29.12.2005; 2008/104036 A1, 04.09.2008.
7. Klaptchuk P. Sanitization of aircraft or vehicle cabin. International application. No. PCT/CA2007/000128.
8. Weavers L., Wickramanayake G. Disinfection and sterilization using ozone. In Seymour Stanton Block. Disinfection, sterilization and preservation, ed. 5. Lippincott Williams & Wilkins, 2000.
9. Jamieson et al. Feasibility of ozone for treating sea containers, MAF Biosecurity. New Zealand Technical Paper. No. 2010/01. P. 40–41.
10. Безруких Н.С. Влияние влажности воздуха на работу озонатора при обработке замкнутых объемов // Вестник КрасГАУ. 2010. № 10. С. 15–19.

11. Разумовский С.Д., Заиков Г.Е. Озон и его реакции с органическими соединениями. М., 1974.
12. Лунин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н. Физическая химия озона. М.: Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 1998. С. 43–45.
13. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест ГН 2.1.6.1338-03, утвержденные Главным государственным санитарным врачом РФ 21.05.2003.
14. US EPA NAAQS, 73 FR 16436, Mar 27, 2008.
15. Christian Vargel. Corrosion of aluminium, Elsevier, San-Diego, 2004. 358 p.

## REFERENCES

- [1] 37-ya sessiya tekhnicheskoy komissii IKAO. Doklad tekhnicheskoy komissii po punktam 42 i 43 povestki dnya [37th session of ICAO – International Civil Aviation Organization. Report of Technical Commission on agenda items 42 and 43]. A37-WP/396, R/60, 5/10/10 (in Russ.).
- [2] 37-ya sessiya tekhnicheskoy komissii IKAO, p. 43. Nekhimicheskaya dezinfektsiya passazhirskogo salona i kabiny ekipazha vozдушnykh sudov, vypolnyayushchikh mezhduнародные рейсы. Predotvrashchenie rasprostraneniya infektsionnykh bolezney nekhimicheskimi metodami [Non-chemical disinsection of passenger saloon and flight deck of the aircrafts performing international flights]. A37-WP/59, TE/15, 14/7/10 (in Russ.).
- [3] WHO, Department of public health and environment, iss. 37. September 2011.
- [4] Vtoroe Evropeyskoe soveshchanie mekhanizma sotrudnichestva po predotvrashcheniyu rasprostraneniya infektsionnykh bolezney vozдушnym transportom (CAPSCAEUR/2) [Second European meeting of the cooperation mechanism on preventing distribution of infection diseases by air transport], Frankfurt, Germany, July 3–5, 2012.
- [5] Guide to hygiene and sanitation in aviation, 3rd ed. World Health Organization. Geneva, 2009.
- [6] Pashayev A.M., Mehdiyev F.Sh., Askerov D.D., Djafarzade R.M., Nizamov T.I., Isayev A.I. Method for disinfecting aircraft cabins and device for carrying out said method, PCT WO 2005/122669 29.12.2005; 2008/104036 A1, 04.09.2008.
- [7] Klaptchuk P. Sanitization of aircraft or vehicle cabin. International application. No. PCT/CA2007/000128.
- [8] Weavers L., Wickramanayake G. Disinfection and sterilization using ozone. In Seymour Stanton Block. Disinfection, sterilization and preservation, ed. 5. Lippincott Williams & Wilkins, 2000.
- [9] Jamieson et al. Feasibility of ozone for treating sea containers, MAF Biosecurity. *New Zealand Technical Paper*, no. 2010.01, pp. 40–41.
- [10] Bezrukikh N.S. Influence of air humidity on the ozone plant operation at working in confined spaces. *Bull. of Kras GAU*, 2010, no. 10, pp. 15–19 (in Russ.).
- [11] Razumovskiy S.D., Zaikov G.E. Ozon i ego reaktsii s organicheskimi soedineniyami [Ozone and its reactions with organic compounds]. Moscow, 1974.
- [12] Lunin V.V., Popovich M.P., Tkachenko S.N. Fizicheskaya khimiya ozona [Physical chemistry of ozone]. Moscow, MGU im. M.V. Lomonosov. Publ., 1998, pp. 43–45.
- [13] Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfernom vozdukh naseleennykh mest GN 2.1.6.1338-03, utverzhdennye Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 21.05.2003 [Maximum concentration limit of contaminants in atmospheric air of populated areas].

[14] US EPA NAAQS, 73 FR 16436, Mar 27, 2008.

[15] Christian Vargel. Corrosion of aluminium, Elsevier, San-Diego, 2004. 358 p.

Статья поступила в редакцию 14.07.2014

Алиев Акпер Алиназар оглы — инженер Отдела биофизических приборов конструкторского бюро Национальной академии авиации.

Национальная академия авиации, Азербайджанская Республика, AZ1045, Баку, Бина, Мардакянский пр-т, д. 30.

Aliyev A.A. — engineer of the Department of Biophysical Instrumentation of the Design Bureau National Aviation Academy.

National Aviation Academy, Baku, Azerbaijan Republic, AZ1045, Baku, Bina, Mardakyanskiy prosp. 30.

Ампилогов Алексей Юрьевич — канд. техн. наук, доцент кафедры “Материаловедение” МГТУ им. Н.Э. Баумана.

МГТУ Н.Э. Баумана, Российская Федерация, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5.

Ampilogov A.Yu. — Cand. Sci. (Eng.), assoc. professor of “Material Science” department of the Bauman Moscow State Technical University.

Bauman Moscow State Technical University, 2-ya Baumanskaya ul. 5, Moscow, 105005 Russian Federation.