



## КОНКУРСНАЯ РАБОТА

Для участия в конкурсной работе «Авиастроитель года»  
по итогам 2024 года в номинации:

«За успехи в создании систем и агрегатов для авиастроения»

**«Разработка озонового фильтра входящего в состав комплексной  
системы кондиционирования воздуха самолета МС-21»**



## **1. СОИСКАТЕЛЬ**

АО ПКО «Теплообменник» в лице Генерального Директора - Главного конструктора - Тятинькина Виктора Викторовича.

## **2. НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ (ТЕМЫ):**

Разработка озонового фильтра входящего в состав комплексной системы кондиционирования воздуха самолета МС-21.

## **3. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Целью разработки является создание опытного образца озонового фильтра (ОФ), обеспечивающего работу комплексной системы кондиционирования воздуха (КСКВ) самолета МС-21 на базе АО ПКО «Теплообменник».

## **4. ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ В ХОДЕ ПРОЕКТА**

Задачами конструирования ОФ является создание такой структуры, которая будет обеспечивать:

- максимальную эффективность преобразования озона в кислород, с целью обеспечения допустимой концентрации озона в салоне летательного аппарата (ЛА);
- минимальные гидравлические потери. Комплексная система кондиционирования воздуха на летательном аппарате является вспомогательной системой, поэтому, чем меньше энергии она заберет на свою работу от двигателя, тем более экономичным будет ЛА в целом;
- высокую компактность, т.е. достаточность площади поверхности модуля с каталитическим покрытием, для выполнения заданных требований на выходе из фильтра;
- минимальную удельную массу ОФ. Чем меньше масса вспомогательных систем, тем больше полезная нагрузка ЛА и более рационален расход топлива;

- высокую надёжность в течение длительного срока работы;
- сохранение работоспособности при значительных динамических нагрузках и вибрациях.

## **5. РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ**

Разработанный опытный образец озонового фильтра (ОФ), входит в состав комплексной системы кондиционирования воздуха и предназначен для снижения концентрации озона в воздухе до необходимого уровня. Качественный показатель результата работы рассматриваемого объекта заключается в обеспечении высокой эффективной очистки при простоте и надежности конструкции, а также в достижении максимальной эффективности преобразования озона в кислород.

## **6. КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА**

Озоновый фильтр (ОФ) является распространенным элементом в современных системах кондиционирования, обеспечивающий защиту пассажиров и оборудования самолетов от негативного воздействия озона.

Целью настоящего изобретения является создание нового фильтра для удаления озона, новой процедуры нанесения пленки или покрытия из диоксида марганца на подходящую подложку, которая будет функционировать в качестве эффективного катализатора, т.е. в виде фильтра для разложения и удаления озона из воздуха, в частности, в самолетах.

Данное изобретение превосходит существующие аналоги по нескольким ключевым параметрам. Во-первых, оно обеспечивает более эффективную очистку, при этом конструкция устройства отличается простотой и надежностью, что упрощает его обслуживание. Во-вторых, изобретение демонстрирует высокую эффективность преобразования озона в кислород. Это особенно важно для применения в салонах летательных аппаратов, так как позволяет поддерживать концентрацию озона на безопасном для пассажиров и экипажа уровне. Рассматриваемое изобретение предлагает оптимальное

сочетание производительности и безопасности. В результате чего, достигается более чистый и безопасный воздух в салоне ЛА за счет эффективного удаления загрязняющих веществ и контролируемого преобразования озона.

Озоновый фильтр не содержит потребителей тепловой, электрической или других видов энергии. Изобретение характеризуется долговечностью, так как наблюдается отсутствие движущихся частей и наличие металлического корпуса. Сохранение работоспособности при значительных динамических нагрузках и вибрациях еще одна немаловажная характеристика фильтра .

## **7. ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ПРОЕКТА**

Предусмотрена доработка изделия с целью улучшения качественных показателей работы и количества нейтрализованного озона на выходе.

## СОДЕРЖАНИЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	6
ВВЕДЕНИЕ .....	7
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	10
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	16
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	17

## **ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

В настоящей конкурсной работе применяются следующие термины, обозначения и сокращения:

- АО - Акционерное общество;
- ПКО - Производственно-конструкторское объединение;
- КСКВ - Комплексная система кондиционирования воздуха;
- ОФ - Озоновый фильтр;
- КМ - Каталитический модуль;
- КПД - Коэффициент полезного действия;
- ЛА - Летательный аппарат;
- МСУ - Маршевая силовая установка.

## ВВЕДЕНИЕ

АО ПКО «Теплообменник» одно из ведущих предприятий авиационной промышленности Российской Федерации, участвующее во всех крупных инновационных проектах по созданию отечественной авиационной техники.

Наше предприятие поставщик комплексной системы кондиционирования воздуха самолета МС-21.



Рисунок 1- Внешний вид самолета МС-21

МС-21-310 — среднемагистральный самолет нового поколения вместимостью от 163 до 211 пассажиров.

Лайнер ориентирован на наиболее востребованный сегмент рынка пассажирских перевозок в Российской Федерации.

Самолет создается на базе новейших разработок в области авиастроения. В состав кооперации по программе МС-21 входят ведущие производители авиационных систем. Передовая аэродинамика, двигатели и системы последнего поколения обеспечивают высокие летно-технические характеристики и низкие эксплуатационные расходы.

Воздух у земной поверхности содержит незначительное количество озона, составляющее стотысячные доли по объему. К такой его

концентрации или несколько большей человеческий организм привык, в этом случае озон не является для него токсичным. С высотой в атмосфере содержание озона возрастает, но его концентрация в тропосфере остается в пределах допустимой. Однако уже в стратосфере, выше тропопаузы, концентрация озона резко возрастает и несколько превышает допустимую норму на эшелонах полетов обычных дозвуковых самолетов в нижней стратосфере, а на эшелонах полетов сверхзвуковых самолетов, приближающихся по высоте к уровню максимальной концентрации озона (21-26 километров), превышает ее уже в несколько раз.

Чтобы исключить отравление пассажиров летательного аппарата, забортный воздух при попадании в кабину проходит через специальный фильтр. Суть его работы в том, что с помощью катализаторов озон разрушается и превращается в безопасный кислород.

Озоновый фильтр направлен на снижение концентрации озона в воздухе до необходимого уровня.

Озоновый фильтр – это устройство в форме трубы, внутри которого находится катализатор. Воздух в самолёте всасывается со скоростью 1,5 тысяч кубометров в час, на катализатор идёт высокая нагрузка, поэтому он должен быть очень активен. Фильтр должен разлагать озон с высокой концентрации до минимальной, при этом, не оказывая сопротивления воздуху. Это сложная научно-техническая задача.

Система очистки воздуха ранее и в настоящий момент имеет отличия.

***Работа фильтров ранее.*** В первых реактивных самолетах не было систем рециркуляции воздуха в салоне. Подавался только наружный воздух, который всасывался двигателем. Основной причиной этого было то, что двигатели этих самолетов имели низкий КПД, и весь воздух, всасываемый двигателем, использовался для создания силы тяги. Это приводило к увеличению эксплуатационных расходов. Так как часть воздуха отводилась за борт.

*Работа современных фильтров.* В современных самолетах используют озонные конвертеры. Алгоритм работы следующий: забортный воздух, поступающий в кабину самолета, проходит через конвертер, где озон контактирует с катализатором. В результате озон разлагается на кислород, и воздух выходит из конвертера уже очищенным.

Конвертеры необходимы для очистки воздуха, поступающего в кабину на больших высотах, где концентрация озона достаточно высока и опасна для здоровья человека.

Усовершенствование технологии производства двигателей привело к созданию двигателей нового типа – так называемых турбовентиляторных двигателей. Первые турбовентиляторные двигатели имели степень двухконтурности 2:1, благодаря чему обеспечивалось более экономичное расходование топлива.

Однако такое усовершенствование, сделавшее возможным использование наружного воздуха на 100 %, не было в то время разработано до необходимой степени.

Более поздние турбовентиляторные двигатели имели степень двухконтурности 5:1. Но в этих двигателях увеличилось потребление топлива из-за отводимого воздуха.

Благодаря исследованиям, проведенным в этой области, была достигнута значительная экономия топлива без снижения качества внутреннего воздуха.

В самолетах начали использовать системы рециркуляции, применяющие высокоэффективные фильтры и позволяющие снизить долю отводимого воздуха.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Система кондиционирования обеспечивает пассажирам более комфортное, по сравнению с аналогами, давление в салоне (у МС-21 оно соответствует высоте 1800 м, у аналогов – 2400 м).

Система кондиционирования воздуха (СКВ) — одна из бортовых систем жизнеобеспечения. СКВ предназначена для поддержания давления и температуры воздуха в гермокабине летательного аппарата на уровне, который обеспечивает нормальную жизнедеятельность экипажа и пассажиров. Герметичность кабин обеспечивается их конструктивным исполнением, наличием уплотнений на дверях и люках, а также постоянным наддувом от СКВ.

Компактные цельнопаяные пластинчато-ребристые конструкции из алюминиевых сплавов для различных систем (топливных, масляных, кондиционирования воздуха), широко применяемые на летательных аппаратах (ЛА), являются одним из основных видов продукции, разрабатываемой и производимой в АО ПКО «Теплообменник». Поэтому выбор именно таких агрегатов в качестве объекта импортозамещения представляется вполне закономерным.

Настоящее изобретение относится к области самолётостроения и представляет собой озоновый фильтр, обеспечивающего работу комплексной системы кондиционирования воздуха (КСКВ) самолёта, которая обеспечивает пассажирам необходимое давление и допустимую концентрации озона в салоне.

Техническим результатом изобретения является высокая эффективность очистки при простоте и надёжности конструкции, максимальная эффективность преобразования озона в кислород и постоянной скорости потока воздуха проходящего через озоновый фильтр.

Дополнительно техническим результатом изобретения является возможная замена одного каталитического модуля на другой, так как корпус фильтра выполнен разборным.

Поставленная задача достигается размещением цельнопаяного пластинчато-ребристого модуля с каталитическим покрытием в корпусе, имеющего сборно-сварную конструкцию, при сборке которой к корпусу привариваются коллектор выхода и фланец выхода, к входному фланцу приваривается входной коллектор, который затем с помощью гаек и болтов через прокладку крепится к корпусу. Преобразование  $O_3$  в  $O_2+O$  не требует участия каталитической поверхности, и, таким образом, покрытие может работать в течение более длительного времени без износа или необходимости пополнения, поскольку в этом процессе не происходит истощения/расхода химического соединения.

Работа озонового фильтра заключается в следующем: рабочий воздух от маршевой силовой установки поступает через распределительный трубопровод в фланец входа и выхода, и далее в каталитический модуль (Рисунок 2). В каталитическом модуле происходит разложение озона на кислород. Насыщенный кислородом рабочий воздух, через фланец выхода, поступает в систему кондиционирования воздуха летательного аппарата.

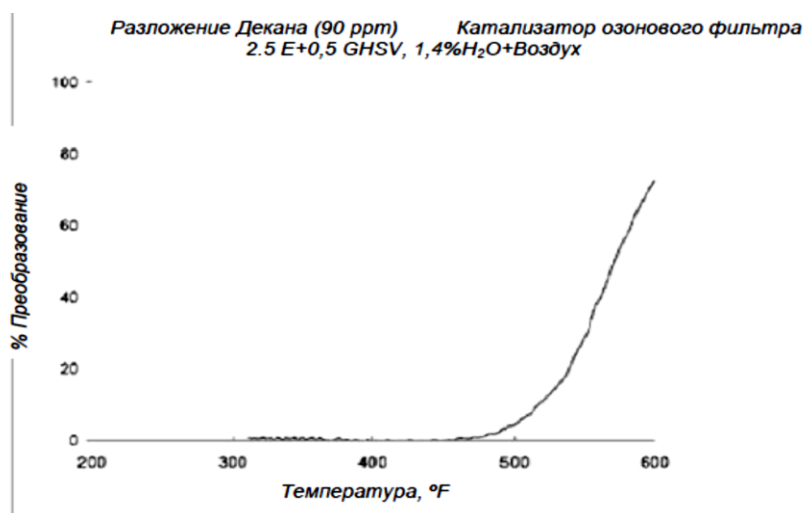


Рисунок 2 – Каталитический модуль ОФ

Озоновый фильтр расположен под центропланом (под обтекателем крыло-фюзеляж (негермозона)), врезан в трубопровод, закрепленный к несущей конструкции фюзеляжа. Замена одного озонового фильтра на другой не сопровождается какими-либо регулировочными и подгоночными работами.

Установка озонного фильтра осуществляется при помощи стандартного инструмента. При разработке озонного фильтра максимально использованы стандартные, унифицированные и ранее разработанные детали и узлы. Масса озонного фильтра не более 5,00 кг.

В эксплуатационном диапазоне озонного фильтра от 120 до 210°C, катализатор озонного фильтра не вступает в реакцию с большим числом углеводородов. Реакция Декана, стандартного побочного продукта во время сжигания топлива, на поверхности катализатора в конце эксплуатации (при концентрации озона - 90 ppm) показана на графике. В эксплуатационной зоне катализатор не влияет на активацию энергии и, следовательно, не снижает температуру парообразования.



На рисунке 3 представлена конструкция ОФ производства АО ПКО «Теплообменник», содержащая корпус с входом и выходом для газа, включающий входной и выходной коллектор, входной и выходной фланцы, каталитический модуль с нанесенным каталитическим покрытием, отличающийся тем, что каталитический модуль цельнопаянный и состоит из алюминиевой гофрированной пластины и проставочного листа с применением плакированного материала, выровненных по направлению воздушного потока.

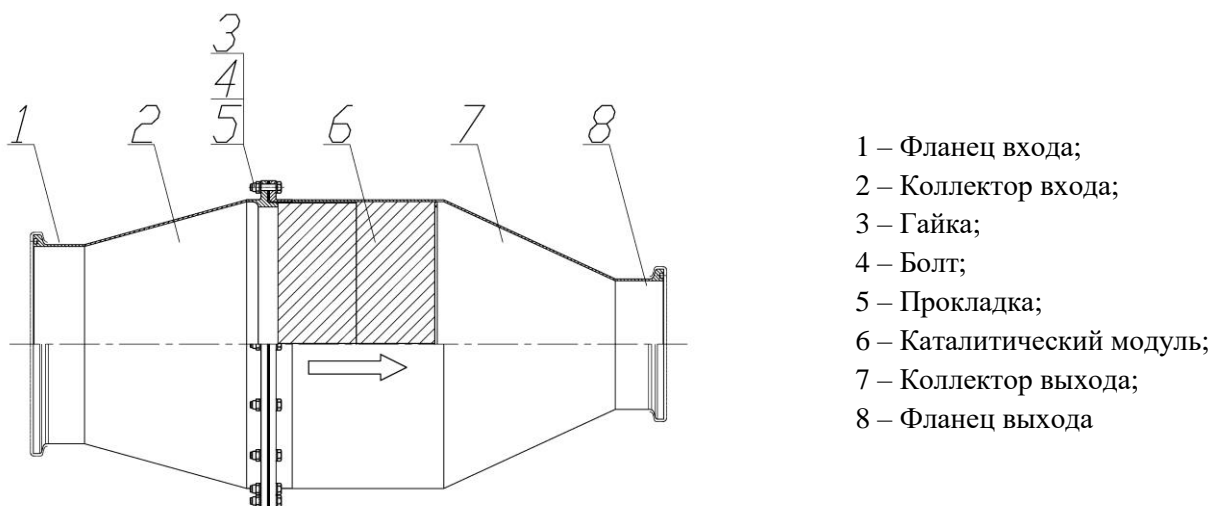


Рисунок 3 – Конструкция ОФ производства АО ПКО «Теплообменник»

Основными характеристиками фильтра являются: рабочая температура от минус 65 до плюс 260°С; максимальный расход воздуха 3500 кг/ч; избыточное рабочее давление на входе не более 350 кПа.

В эксплуатационной зоне катализатор не влияет на активацию энергии и, следовательно, не снижает температуру парообразования.

Для оценки конструктивного исполнения и проверки соответствия основных технических характеристик ОФ подвергался следующим видам испытаний:

- проверки герметичности;
- испытание на эффективность в начале эксплуатации;
- испытание на гидравлическое сопротивление;
- испытание на воздействие пониженной температуры, повышенной температуры и изменение температуры (комбинированное испытание);
- испытание на воздействие вибрации;
- испытание на ударные эксплуатационные нагрузки;
- испытание на взрывоопасную среду;
- испытание на циклическое изменение давления;
- испытание на ресурс;
- испытание на безопасность разрушения;

- испытание на прочность разрушающим давлением;
- испытание на воздействие пыли и песка;
- испытание на воздействие соляного тумана;
- испытание на герметичность и утечки;
- испытание на эффективность после всех видов испытаний.

Испытания проводились в испытательном центре АО ПКО «Теплообменник». Результат испытаний и исследований положительны: швы плотные без пор, раковин и непропаев.

Озоновый фильтр конструктивно не разрушается и соответствует требованиям по эксплуатации после воздействия установленных испытаний на случайные вибрации. Результаты анализа показывают, что минимальный запас прочности составляет 2.6, в то время как для аналогов это значение было 2.4.

Озоновый фильтр прошёл проверку после всех видов испытаний проведённых согласно программ и методик испытаний.

Фотография опытного образца озонового фильтра представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 - Фотография опытного образца озонового фильтра производства АО ПКО «Теплообменник» после испытаний

Конструкция ОФ производства АО ПКО «Теплообменник» выполнена разборной для возможности установки каталитических модулей с разной гофрированной пластиной, с целью оценки зависимости работоспособности от типа пластины, ее геометрии, а так же расхода воздуха, температуры и других характеристик.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получено конкурентоспособное отечественное изделие, не уступающее по своим характеристикам зарубежным, в процессе производства которого использовано типовое, стандартное промышленное оборудование, инструменты, материалы и комплектующие изделия. Агрегат создан специалистами опытно-конструкторского бюро АО ПКО «Теплообменник» на основе последних новейших достижений отечественной и мировой науки и техники. На разработку выдан патент на изобретение RU 2819354 С1 (Рисунок 6).



Рисунок 6 – Патент на изобретение «Озоновый фильтр» № 2819354

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Быков Л.Т., Ивлентиев В.С., Кузнецов В.И. Высотное оборудование пассажирских самолётов. - М.: Машиностроение, 1972;
2. Системы оборудования летательных аппаратов / под ред. А.М. Матвеевко и В.И. Бекасова - М.: Машиностроение, 1986;
3. Сухов Ж.С., Тимофеев Г.А. Системы автоматического регулирования давления в герметических кабинах самолетов. Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2019, № 9, с. 20–25, doi: 10.18698/0536-1044-2019-9-20-25;
4. Т. Н. Karakos, F. Atmaca, S. Kaba, S. Toka, V. Isiki, Качество внутреннего воздуха в самолетах, Перевод с английского Л. И. Баранова. Материал предоставлен журналом «REHVA»;
5. Патент RU 2819354 С1, Заявка: 2022131931, 06.12.2022, Опубликовано: 17.05.2024 Бюл. № 14.