

Выбор типа катализатора теплового способа защиты от обледенения крыла беспилотного летательного аппарата

А. В. Мельников, email: alexei.melnikov90@yandex.ru

В. Ю. Машин

ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина
(г. Воронеж)

***Аннотация.** Проведен обзор существующих катализаторов горения, представлено обоснование использования предложенного типа катализатора для обеспечения защиты от обледенения передней кромки крыла малоразмерного беспилотного летательного аппарата.*

***Ключевые слова:** катализатор, горение топлива, обледенение, беспилотный летательный аппарат, БПЛА.*

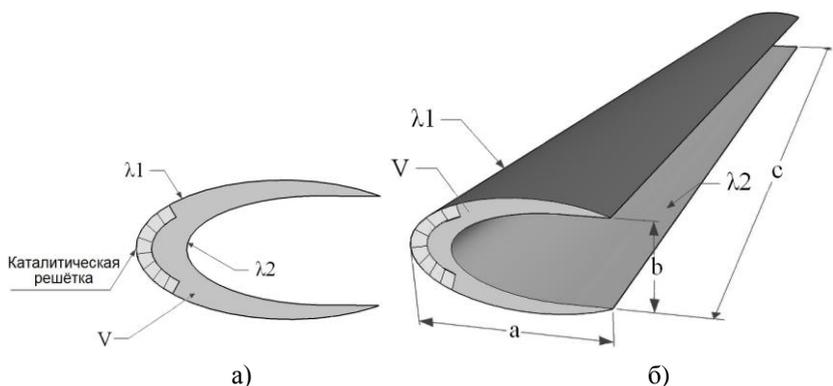
Введение

В настоящее время малоразмерные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) класса «мини» не оборудованы штатной системой защиты от обледенения. В связи с этим, полеты БПЛА данного класса не производятся, если заранее известно, что на маршруте полета расположена зона облачности с высоким содержанием влаги и температурой воздуха от 0 до -15°C [1]. В таких условиях происходит интенсивное обледенение передней кромки крыла, в результате чего может образоваться критическая масса льда, что приведет к крушению БПЛА. Проводимый в работах [2, 3] анализ применяемых в пилотируемой авиации способов защиты от обледенения показал, что существующие противообледенительные системы (ПОС) невозможно использовать для обеспечения функционирования малоразмерных БПЛА в условиях обледенения, ввиду их ограниченной взлетной массы, низкого запаса электроэнергии и мощности двигателя. В работе [4] предложен тепловой способ защиты от обледенения, основанный на каталитическом горении топлива. В предложенном способе катализатор является основным элементом, определяющим энергоэффективность, габаритные размеры и массу разрабатываемой ПОС.

Таким образом, целью данной работы является выбор типа катализатора, обеспечивающего работу тепловой ПОС малоразмерного БПЛА.

1. Тепловой способ защиты от обледенения крыла БПЛА

Тепловой способ защиты от обледенения основан на установке на передней кромке консолей крыла защитного покрытия с катализатором. Внешний вид и вариант крепления на крыле показаны на рис. 1, 2 [4].



a – профиль защитного покрытия, *б* – общий вид защитного покрытия

Рис. 1. Внешний вид защитного покрытия тепловой ПОС

На рис. 1 а) показан профиль защитного покрытия, который своей внутренней стенкой с низкой теплопроводностью λ_2 повторяет исходный профиль крыла БПЛА. Тепловой способ защиты от обледенения заключается в использовании энергии, получаемой при каталитическом горении топлива, заполняющего внутренний объем V защитного покрытия. В результате каталитического горения через внешнюю стенку защитного покрытия с высокой теплопроводностью λ_1 выделяется тепловая энергия, тем самым обеспечивая положительную температуру поверхности передней кромки крыла при полете в зоне обледенения.

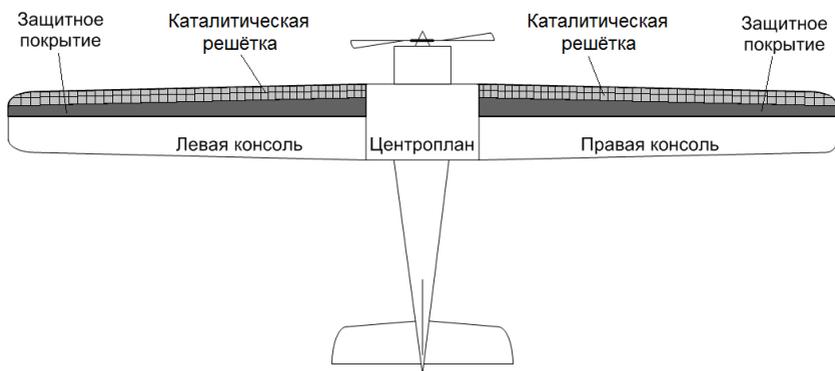


Рис. 2. Расположение защитного покрытия противообледенительной системы БПЛА

2. Выбор типа катализатора и химического состава топлива ПОС

В работе [4] в качестве топлива тепловой ПОС предлагалось использовать бензин, однако анализ литературных источников в области беспламенного горения топлива показал [5–7], что существуют катализаторы применяемые для сжигания природного газа. Такой вид топлива более предпочтителен, так как баллон с газом можно разместить в центроплане и тем самым разгрузить переднюю кромку крыла, избавив ее от заполнения жидким топливом в объеме V , заключенным между внутренней и внешней стенками защитного покрытия. Расстояние между стенками можно сократить, обеспечив тем самым минимальное изменение исходного профиля крыла БПЛА. Это позволит сохранить центр масс БПЛА в прежней точке, а поступление газа к катализатору можно организовать через резиновые шланги.

В работе [7] для решения задачи беспламенного сжигания природного газа предлагается использовать катализаторы, содержащие оксиды палладия $\text{Pd}/\text{Al}_2\text{O}_3$. Температура окисления метана на таком катализаторе не превышает 800°C [8], чего должно быть достаточно для предотвращения образования льда на передней кромке крыла БПЛА в условиях обледенения сильной интенсивности.

Катализатор наносится на армированные порометаллические носители. Армированный катализатор может быть изготовлен в виде плоских и гофрированных лент, которые затем укладываются слоями на торцевой части защитного покрытия (рис. 2), образуя каталитическую решетку с бидисперсной пористой структурой. Для подвода газа и воздуха к каталитической решетке предлагается использовать отдельную (противоточную) подачу реагентов, как показано на рис. 3.

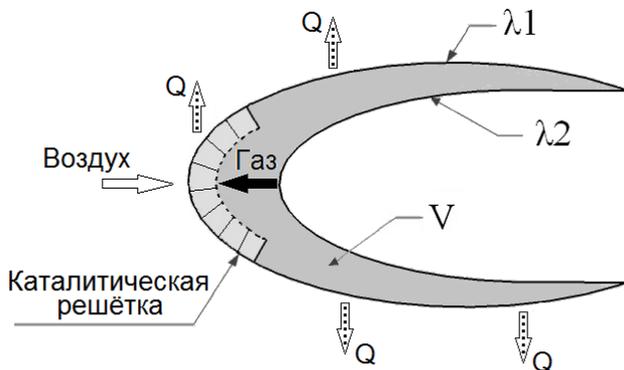


Рис. 3. Расположение защитного покрытия противобледенительной системы БПЛА

Газ подается во внутренний объем V защитного покрытия, распределяется по длине и выходит в слой катализатора. Кислород в зону реакции поступает из набегающего воздушного потока, который обдувает переднюю кромку крыла. В результате окисления газа в присутствии катализатора происходит интенсивное выделение тепловой энергии Q на поверхности каталитической решетки, которая распределяется по внешней стенке защитного покрытия.

Для равномерного распределения тепловой энергии по внешней стенке необходимо подобрать материал, обладающий высокой теплопроводностью λ_1 . В тоже время, для предотвращения деформации обшивки крыла необходимо выбрать материал, из которого будет изготовлена внутренняя стенка защитного покрытия. При этом теплопроводность материала λ_2 должна быть значительно меньше λ_1 .

Заключение

В данной статье проведен обзор существующих катализаторов горения. Для обеспечения работы теплового способа защиты от обледенения предложен катализатор на основе оксидов палладия Pd/Al_2O_3 , применяемый для сжигания природного газа. Это позволит сохранить центр масс БПЛА в прежней точке, а поступление газа к катализатору можно организовать через резиновые шланги.

Дальнейшие исследования будут направлены на выбор материала, из которого будут изготовлены внешняя и внутренняя стенки защитного покрытия. При этом должно выполняться соотношение $\lambda_2 \ll \lambda_1$, то есть теплопроводность материала λ_2 должна быть значительно меньше λ_1 .

Список литературы

1. Физическая сущность обледенения ВС. Особенности и последствия обледенения. // URL: https://studwood.ru/1646622/tehnika/fizicheskaya_suschnost_obledeneniya_osobennosti_posledstviya_obledeneniya (дата обращения: 20.12.21).
2. Самохлеб Н.Н. Анализ современных способов борьбы с обледенением летательных аппаратов / Н.Н. Самохлеб, А.В. Мельников // Сборник статей по материалам VI Межвузовской научно-практической конференции курсантов и слушателей «Молодежные чтения памяти Ю.А. Гагарина» Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. С. 104–108.
3. Демидов А.И., Шишелова Т.И. Проблема обледенения летательных аппаратов и применяемые методы борьбы с ней // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 8 Ч.2. С. 88–89.
4. Мельников А.В. Тепловой способ защиты от обледенения крыла малоразмерного беспилотного летательного аппарата /

А.В. Мельников, В.Ю. Машин // Всероссийский форум с международным участием «Академические жуковские чтения». Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции «Беспилотная авиация: состояние и перспективы развития». Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2021. С. 64–67.

5. Астановский Д.Л. Каталитическое окисление природного газа с применением беспламенных горелок новой конструкции / Д.Л. Астановский, Л.З. Астановский, П.В. Кустов // Инженерные проблемы. Эксплуатация и производство. Катализ в промышленности. 2013. № 1. М.: ООО «ФАСТ ИНЖИНИРИНГ». С. 34–39.

6. Галанов С.И. Катализаторы сжигания природного газа / С.И. Галанов, А.Ю. Водянкин, В.Н. Попов, И.Н. Мугас, Л.Н. Курина // Известия Томского политехнического университета. 2005. Т. 308. № 4. С. 109–112.

7. Лукьянов Б.Н. Экологически чистое окисление углеводородных газов в каталитических нагревательных элементах / Б.Н. Лукьянов, Н.А. Кузин, В.А. Кириллов, В.А. Куликов, В.Б. Шигаров, М.М. Данилова // Химия в интересах устойчивого развития. 2001. № 9. С. 667–677.

8. Слептерев А.А. Палладиевые катализаторы на оксиде алюминия, модифицированном оксидами РЗЭ / А.А. Слептерев, П.Г. Цырульников // ОНВ. 2013. №1 (117). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/palladievye-katalizatory-na-okside-alyuminiya-modifitsirovannom-oksidami-rze> (дата обращения: 11.01.2022).