

охвата имеют примерно одинаковые длительности у обоих пожаров, но длительность стадии полного охвата заметно больше у пожара со средней скоростью нарастания. Это связано с различиями в газодинамике пожаров, обусловленными разными величинами тепловыделения, что приводит к разному соотношению областей, в которых происходит пламенное горение и пиролиз горючих материалов.

В работе показано, что условия вентиляции и параметры реакций горения определяют время наступления и длительность стадии полного охвата помещения пламенем.

Литература

1. Karlsson, B. Enclosure fire dynamics. / B. Karlsson, J.G. Quintiere. – CRC Press LLC, 2000. – 317 p.
2. Drysdale, D. An introduction to fire dynamics / D. Drysdale. – Third edition. – Wiley, 2011. – 551 p.
3. Gorbett, G. The Current Knowledge & Training Regarding Backdraft, Flashover, and Other Rapid Fire Progression Phenomena, World Safety Conference / G. Gorbett, R. Hopkins. – Boston, Massachusetts, 2007.
4. McGrattan, K. Fire Dynamics Simulator (Version 5) Technical Reference Guide Volume 1: Mathematical model, NIST Special Publication 1018-5 / K. McGrattan [et al.]. – Gaithersburg, MA, 2009. – 94 p.

УДК 629.7.066.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОГО ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА В УСЛОВИЯХ НАБЕГАЮЩЕГО ПОТОКА

Савёлов П.И., Яцына Ю.Ф., Щавлев А.А.

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Проведены компьютерные исследования распределения тепловых полей при функционировании герметичного электронного устройства в условиях набегающего потока. Определены направление и величина скорости охлаждающих воздушных потоков для данного конструктивного исполнения. Разработан граф распределения рассеиваемой тепловой энергии. Установлено, что при данных конструктивных решениях не обеспечивается необходимая величина рассеивания теплоты при скорости набегающего потока 20 м/с и температуры окружающей среды 40 °С. Определена целесообразность выработки конструктивных решений, обеспечивающих нормальные условия эксплуатации электронного устройства.

Ключевые слова: тепловые поля, компьютерные исследования, рассеивание теплоты.

STUDY OF THE EFFICIENCY OF COOLING OF A HERMETIC ELECTRONIC DEVICE UNDER THE CONDITIONS OF A FLOW

Savelov P., Yatsyna Y., Shchavlev A.

*Republican Unitary Enterprise “Scientific-and-Production Centre of multifunctional unmanned systems” National Academy of Sciences of Belarus
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. Computer studies of the distribution of thermal fields during the operation of a sealed electronic device under free flow conditions have been carried out. The direction and magnitude of the speed of cooling air flows for this design are determined. A graph of the distribution of dissipated thermal energy has been developed. It has been established that these design solutions do not provide the required amount of heat dissipation at an incoming flow velocity of 20 m/s and an ambient temperature of 40 °C. The expediency of developing constructive solutions that provide normal operating conditions for an electronic device is determined.

Key words: thermal fields, computer research, heat dissipation.

*Адрес для переписки: Савёлов П.И. 220141, Минск, ул. Купревича, 10/7
e-mail: i@savelov-1.ru*

Для безотказной работы электронной аппаратуры в процессе функционирования необходимо, чтобы выполнялись условия ее нормального теплового режима, чтобы при любых внешних воздействиях окружающей среды внутри прибора должны создаваться температурные поля, которые не превышают предельно допустимые температуры работы электронных компонентов [1]. Определение тепловых полей особенно целесообразно проводить на ранних этапах проектирования электронной аппаратуры, т.к. принятие неправильных

технических решений не позволит конструктивно обеспечить оптимальные условия работы. Численный расчет величины тепловых полей при функционировании электронной аппаратуры не всегда возможен, т.к. невозможно определить основные начальные условия для корректного расчета [2]. Решение данной задачи возможно при помощи компьютерного моделирования на основе твердотельных моделей разрабатываемых устройств.

Целью данной работы является компьютерное моделирование тепловых полей, формирующихся

при функционировании целевой нагрузки беспилотного летательного аппарата (БПЛА) при крейсерской скорости 20 м/с.

Основными критериями оптимизации, определяющими эффективность разрабатываемого конструктивного решения, являются:

- снижение температуры тепловыделяющих элементов до оптимальных значений;
- улучшение массогабаритных параметров разрабатываемой конструкции;
- обеспечение требуемой величины теплообмена набегающим воздушным потоком.

При помощи САПР SolidWorks разработана твердотельная модель целевой нагрузки входящей в состав беспилотного авиационного комплекса (БАК) «Бусел М50».

Данный тип бортовой аппаратуры рассчитан на длительную работу. Тепловой режим таких устройств определяется следующими факторами:

- притоком тепловой энергии от работающих элементов;
- притоком тепловой энергии аэродинамического нагрева, поступающей через стенки устройства;
- рассеиванием тепловой энергии в окружающую среду стенками защитного корпуса.

Для проведения исследований были приняты следующие упрощения:

- поверхность теплонагруженных электронных компонентов является изотермической и не должна превышать 90 °С;
- тепловые процессы, протекающие в устройстве, являются установившимися во времени;
- коэффициенты теплообмена определены при температуре, возникающей при полной рассеиваемой мощности. Соблюдение этого условия обязательно при определении температуры поверхности защитного корпуса на основе принципа суперпозиции.

На рис. 1 представлены результаты моделирования распределения скоростей ламинарного набегающего воздушного потока при крейсерской скорости БПЛА 20 м/с.

Установлено, что скорость набегающий потока на передней стенке защитного корпуса снижается до 10–13 м/с, а скорость огибающего потока составляет 18–24 м/с.

Эффективность рассеивания тепла при данной скорости теплового потока нами моделировалась при температуре окружающей среды + 40 °С, что соответствует климатическому исполнению прибора УХЛ 1.

На рис. 2 приведены распределения тепловых потоков внутри герметичного корпуса целевой нагрузки при расположении теплонагруженного элемента на ее тыльной поверхности. Установлено, что температура не теплонагруженных электронных компонентов в результате конвекции может достигать 80 °С.

Данная температура является неприемлемой для функционирования бортовой аппаратуры.

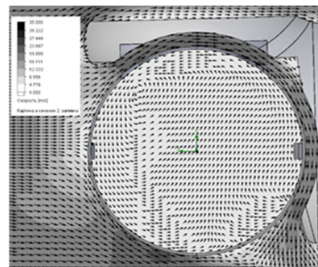
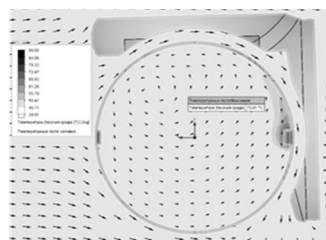


Рисунок 1 – Градиент распределения скорости набегающего потока



1 – теплонагруженный элемент, 2 – защитный герметичный корпус

Рисунок 2 – Распределение тепловых потоков

На рис. 3 представлен граф рассеивания тепловой энергии в заданных условиях.

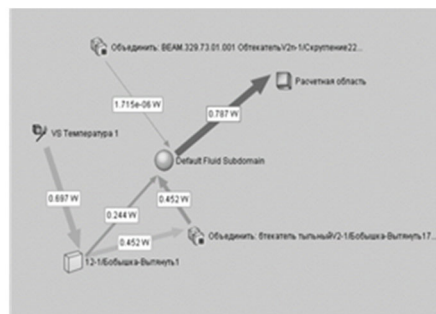


Рисунок 3 – Граф рассеивания тепловой энергии

Установлено, что суммарная тепловая мощность, рассеиваемая данной конструкцией защитного корпуса составляет 1,5 Вт. В соответствии с технической документацией теплонагруженного элемента, для его оптимального режима работы необходимо обеспечить рассеивание тепловой мощности не менее 3,5 Вт.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что для обеспечения оптимального теплового режима эксплуатации целевой нагрузки БПЛА необходимы дополнительные конструктивные решения, обеспечивающие рассеивание избыточного тепла тепловыделяющих элементов.

Литература

1. Ши, Д. Численные методы в задачах теплообмена: [пер. с англ.] / Д. Ши. – М.: Мир, 1988. – 242 с.
2. Палий, А.В. Численное исследование эффективности поверхности теплоотвода с теплонагруженным источником в условиях теплопереноса воздуха / А.В. Палий, Н.Н. Чернов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2018. – № 2. – С. 184–197.