

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Старенченко Александра Владимировича
на тему «Разработка методики конструирования теплонагруженных БРЛС малоразмерных ЛА», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация»

Современные малоразмерные бортовые РЛС (БРЛС) характеризуются: малыми значениями массогабаритных параметров, ограниченным энергетическим ресурсом, предопределенным видом системы охлаждения (как правило, воздушной системой охлаждения), высокими значениями плотностей тепловых потоков и др. Следует отметить, что динамика снижения массогабаритных размеров современных БРЛС существенно превышает темпы снижения потребляемой мощности, в результате удельная плотность теплового потока в них возросла примерно в 4 раза.

Рост удельной мощности рассеивания и, как следствие, повышение температуры составных частей приводит к снижению надежности БРЛС, что является значительным препятствием для дальнейшего увеличения компактности их элементов.

В диссертационной работе Старенченко А.В. решена **актуальная** задача повышения надежности БРЛС путем оптимизации температурного поля их конструкций.

В первой главе диссертационной работы проанализировано влияние температуры на основные параметры БРЛС. Установлены количественные характеристики увеличения эксплуатационной интенсивности отказов составных частей БРЛС при повышении температуры окружающей среды. Рассмотрены особенности конструкций современных БРЛС БПЛА и основные виды БРЛС, устанавливаемые на БПЛА. Рассмотрено принудительное воздушное охлаждение (ПВО) как основной вид охлаждения для БРЛС малоразмерных БПЛА. Показано, что большая часть тепловой

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. №
10 / 10 2018

энергии передается в окружающую среду за счет принудительной конвекции, и как следствие, повышение эффективности системы ПВО может быть достигнуто за счет оптимизации параметров радиаторов и продуваемых каналов.

Во второй главе разработан алгоритм адаптации конструкции БРЛС к анализу теплового режима и проведена экспериментальная оценка точности и эффективности разработанного алгоритма. Разработана методика формирования макромоделей БРЛС, позволяющая выбирать рациональное соотношение между временем и точностью анализа теплового режима конструкции БРЛС. Разработана тепловая макро модель штыревого радиатора, позволяющая обеспечить максимальную теплоотдачу, а также сформирована методика распределения воздушных потоков, позволяющая обеспечить нормальный тепловой режим путем перераспределения охлаждающего воздуха в конструкции БРЛС.

В третьей главе выбран критерий и поставлена задача оптимизации, выбран метод оптимизации и разработана методика конструирования теплонагруженных БРЛС.

В четвертой главе диссертационной работы А.В. Старенченко проведена проверка адекватности разработанных методик на примере БРЛС Ку-диапазона и модуля источника питания АФАР. Показана эффективность разработанных методик, алгоритмов и тепловых макромоделей.

Степень обоснованности научных положений при проведении исследований в работе А.В. Старенченко подтверждена использованием основ теории теплообмена, планирования эксперимента, математической статистики и методов статистической обработки результатов эксперимента, а также теории проведения расчетов теплового режима средствами САПР SolidWorks.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем.

1. Разработана методика теплового моделирования сложных конструктивных сборок БРЛС, отличающаяся от известных возможностью интегральной оценки значений температурного поля конструкции БРЛС.

2. Представлена тепловая макромодель радиатора системы охлаждения, отличающаяся от существующих возможностью учета влияния значимых конструктивных параметров радиатора на его эффективность.

3. Разработана методика распределения потоков охлаждающего воздуха, отличающаяся от известных возможностью комплексной оценки особенностей конструкции БРЛС, что позволяет повысить эффективность использования охлаждающего воздуха.

4. Сформирована методика конструирования теплонагруженных БРЛС, отличающаяся от известных системным подходом к решению задачи повышения надежности БРЛС за счет использования ресурсов конструкции БРЛС.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке тепловой макромодели штыревого радиатора для воздушной системы охлаждения с равномерно распределенным источником тепла и фиксированным значением объема охлаждающего воздуха, обеспечивающая учет значимых геометрических параметров радиатора, влияющих на его эффективность. Разработанный алгоритм адаптации модели конструкции БРЛС к расчету теплового режима позволяет учесть особенности современных малоразмерных БРЛС, что обеспечивает существенное сокращение времени на анализ теплового режима при сохранении точности решения. Указанный алгоритм может быть использован для адаптации не только малоразмерных БРЛС, но и для адаптации БРЛС.

Достоверность полученных результатов подтверждается корректным использованием САПР инженерного анализа SolidWorks при решении задачи анализа теплового режима.

Результаты работы могут найти применение в исследовательских и проектных центрах, предприятиях и организациях, занимающихся вопросами конструирования теплонагруженных БРЛС.

Замечания по диссертационной работе:

1. При анализе температурной зависимости надежности БРЛС сделан вывод о том, что при повышении температуры окружающей среды на 10^0C эксплуатационная интенсивность отказов увеличивается в среднем на 30%. На мой взгляд этот вывод базируется не на полном анализе ситуации, т.к. только часть блоков БРЛС учтена, кроме того, автор рассматривает не весь диапазон температур окружающей среды (для аппаратуры авиационной техники в соответствии с ГОСТ РВ 20.39.304-98 он составляет $-65\dots+85^0\text{C}$), а только положительные (свыше 50^0C) температуры.

2. В главе 2 не рассмотрены конструктивные элементы отвода тепла в БРЛС, которые обеспечивают тепловой контакт между блоками устройства и основанием, например, терморегулирующие покрытия, элементы тепловой термоизоляции. А ведь они выступают в роли пассивных систем терморегулирования. Их можно дополнить активными системами, которые осуществляют принудительный теплообмен аппаратуры и агрегатов с окружающей средой. Не рассмотрены такие элементы как тепловые трубы.

3. В диссертации мало внимания уделено определению тепловых полей на различных участках печатных узлов БРЛС, использованию топологии проводящих слоев печатных плат как элементов системы охлаждения критичных к температуре компонентов аппаратуры.

4. В главе 4 приведены результаты численного моделирования теплового распределения на поверхностях плиты СВО и штырькового радиатора, которые являются убедительными. Однако, отсутствуют результаты натурных испытаний, которые могли бы подтвердить бесспорную достоверность полученных результатов. Хотелось бы подобные результаты увидеть в последующих работах автора.

