

УДК 621.396.676:629.735

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НА ВХОДНЫЕ И ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНТЕННЫХ УСТРОЙСТВ БЛА

ИСАЕВ В. О., СУТЬКО А. А., БОЙКАЧЕВ П. В.

*Военная академия Республики Беларусь  
(г. Минск, Республика Беларусь)*

*E-mail: ystasmoz@gmail.com*

**Аннотация.** В работе представлены результаты оценки влияния естественных условий эксплуатации беспилотных летательных аппаратов на импедансные характеристики антенных устройств, используемых в канале управления и видеоканале передачи данных.

**Abstract.** The paper presents the results of assessing the influence of natural operating conditions of unmanned aerial vehicles on the impedance characteristics of antenna devices used in the control channel and video data transmission channel.

### Введение

Двадцать первый век характеризуется стремительным развитием и совершенствованием вычислительной техники, аппаратуры различного назначения и функциональных устройств обмена цифровой информации. Это связано с широким развитием таких сфер применения радиоэлектроники, как космическая, беспилотная авиация, спутниковая, персональная и сотовая связь, телекоммуникации, гигабитные системы передачи данных и т.д. С другой стороны, необходимость создания новых радиоэлектронных устройств стимулируется достаточно противоречивыми требованиями к радиоэлектронным системам: с одной стороны, миниатюризацией устройств приемо-передающего тракта, а с другой – увеличением скорости, объемов, а также появлением новых стандартов передачи информации.

Влияние технологического прогресса не обошло стороной и авиацию, а обозначенные выше тенденции дают существенный толчок для развития беспилотной авиации с технической точки зрения. Ввиду большого спроса на компактные летательные аппараты появляется потребность создания универсальных беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Разработка многоцелевых БЛА требует внедрения цифровых технологий и стабильной работы приемо-передающего тракта радиоканала управления, подверженных влиянию широкого диапазона условий эксплуатации и значительной изменчивостью характеристик под влиянием воздействующих факторов (температурных режимов).

Современный боевой БЛА представляет собой сложную систему, в состав которой в зависимости от решаемых задач входят подсистемы управления, навигации, разведки и др. Данные подсистемы, являясь потребителями или источниками информации, имеют в своем составе антенные устройства (АУ): обеспечивающие управление БЛА (радиоканал управления – штыревая антенна) и осуществляющие обмен видеоданными с оператором (видеоканал – патч-антенна). В свою очередь, характеристики АУ (входное сопротивление) сильно зависят от внешних температурных факторов [1]. Такое изменение импеданса АУ, при проведении полетов до 3000 м, приводят к потерям мощности передаваемого или принимаемого сигнала из-за чего, нередко, имеют место ситуации, при которых они не способны обеспечить потребителя устойчивой связью с пунктом управления. Таким образом, возникает необходимость в анализе влияния температуры на характеристики АУ установленных на борту БЛА при отсутствии согласующего устройства (СУ).

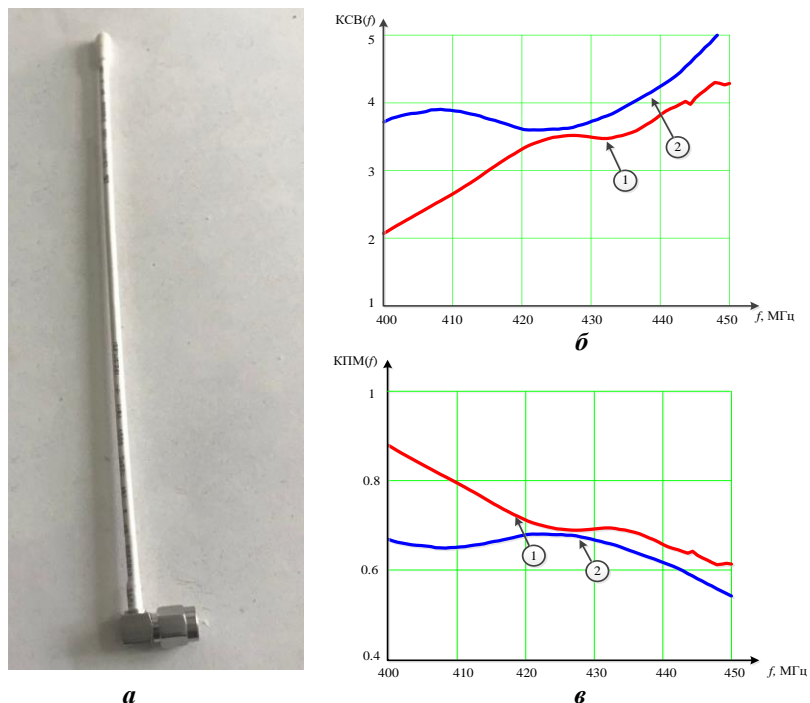
### Основная часть

В качестве примера рассмотрим штыревую антенну, с рабочей частотой 433 МГц и патч-антенну, работающую на частоте 963 МГц, которые установлены на борту БЛА.

На рисунках 1 и 2 представлены зависимости коэффициентов стоячих волн (КСВ) и коэффициентов передачи по мощности (КПМ) рассматриваемых антенных модулей при различных температурных режимах работы.

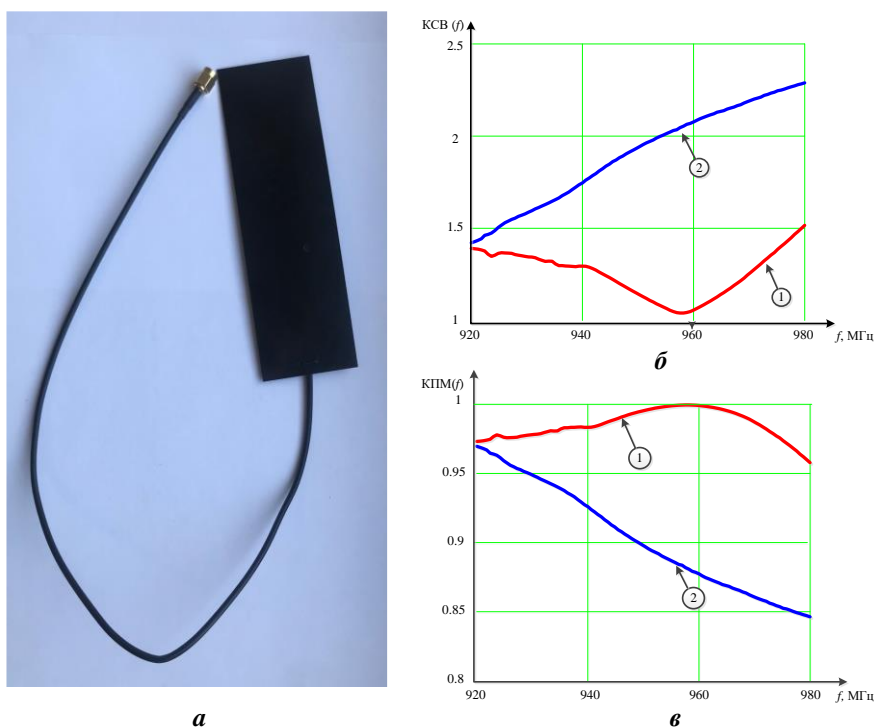
Проанализировав полученные зависимости (рис. 1, 2), можно сделать вывод о том, что при изменении температуры происходит смещение не только рабочего диапазона частот, но и уровня КСВ, что, в свою очередь, приводит к уменьшению КПМ на 5...15%.

Такое изменения уровня КПМ приводит к уменьшению дальности радиосвязи на 3...8 %, что составляет 90...240 м устойчивой радиосвязи в зоне прямой видимости при  $R_{\text{max}} = 3000$  м.



а) внешний вид АУ; б) КСВ: 1 – без обледенения АУ; 2 – в условиях обледенения АУ; в) КПМ: 1 – без обледенения АУ; 2 – в условиях обледенения АУ

**Рис. 1.** Штыревая антенна канала управления БЛА



а) внешний вид АУ; б) КСВ: 1 – без обледенения АУ; 2 – в условиях обледенения АУ; в) КПМ: 1 – без обледенения АУ; 2 – в условиях обледенения АУ

**Рис. 2.** Патч-антенна видеоканала БЛА

### **Заключение**

Анализ представленных результатов позволяет сделать вывод о том, что изменение температурного режима работы приводит к изменению характеристик АУ во всем рабочем диапазоне частот, а на определенных частотах изменения весьма значительны. Отсутствие согласующей цепи в АУ приводит к падению уровня КПМ и, соответственно, уменьшению дальности радиосвязи и большему энергопотреблению.

На текущий момент, для решения данной проблемы предлагается представлять сложные импедансные нагрузки не в виде схемных реализаций, а в аналитической математической форме [2]. Данный метод позволяет не только анализировать любые изменения импеданса нагрузки в зависимости от условий эксплуатации, но и применять различные методы и способы широкополосного согласования, где наиболее предпочтительными являются адаптивные согласующие устройства, позволяющие, за счет перестройки параметров СУ, обеспечить максимальный уровень передачи мощности при изменении условий эксплуатации согласуемого устройства.

### **Список использованных источников**

1. Исаев В. О. Влияние температурного режима на характеристики мобильных антенных устройств / Исаев В. О., Дубовик И. А. // XIV Машеровские чтения: материалы междунар. науч.-практ. конф. Студентов, аспирантов и молодых ученых, Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2020. – С. 31-33. Казахстан, 2020. – С. 31-33.
2. Исаев В. О. Математическая модель радиотехнических устройств / Исаев В. О., Дубовик И. А., Бойкачев П. В., Сутько А. А. // II Международная Научно-Практическая Конференция «Endless Light in Science», г. Нур-Султан, Казахстан, 2020. – С. 27-33.