

ОЦЕНКА АКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Царенко Ю.В., Чернов П.А., Какойченко С.Ю.

ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», г. Витебск, labpt@vitebsk.by

Эффективность беспилотного летательного аппарата (БЛА) с различными видами двигателей, выполняющего полеты в широком диапазоне скоростей и высот, в значительной мере зависит от степени его заметности: акустической, оптической, радиолокационной и тепловой. Комплекс методов, направленных на уменьшение заметности летательных аппаратов в различных областях спектра излучения, постоянно развивается на протяжении уже нескольких десятилетий [1, 2].

В общем случае положение границ зоны акустической заметности БЛА в месте расположения наблюдателя определяется соотношением между интенсивностью воспринимаемого наблюдателем акустического излучения аппарата и интенсивностью звука, соответствующего природному акустическому фону, и зависит от степени проявления акустических эффектов, сопровождающих распространение звука в турбулентной атмосфере – рефракции звуковых волн, поглощения и рассеяния акустической энергии. Наличие в эксплуатации нескольких типов БЛА с винтовыми двигателями, применение таких аппаратов на относительно низких высотах и скоростях полета, а также развитие мобильных средств поражения воздушных целей делает проблему снижения акустической заметности БЛА особенно актуальной.

Другой аспект актуальности проблемы шума БЛА заключается в необходимости снижения интенсивности шума авиационного происхождения, воздействующего на гражданское население. Уровень шума самолета на местности является одним из наиболее важных параметров, во многом определяющим конкурентоспособность современной авиационной техники.

Решение проблем снижения уровней шума на местности легких самолетов с винтомоторной силовой установкой и уменьшения степени акустической заметности БЛА с винтовым двигателем предполагает наличие соответствующих методов прогнозирования акустических характеристик ЛВС, критериев и методов оценки степени аудио заметности БЛА.

В проблеме прогнозирования шума, генерируемого винтомоторными БЛА, вопросам отдельно шума воздушного винта и двигателя, электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания, посвящено значительное количество исследований, выполненных в нашей стране и за рубежом, но, несмотря на давнюю историю изучения этих явлений, многие аспекты механизмов генерации шума являются неясными до сих пор [2, 3]. Широкое распространение в последние годы малоразмерных БЛА привело к дальнейшему развитию аэродинамических компоновок и, как следствие, к появлению дополнительных механизмов генерации шума, в частности, это винтовые двигатели в толкающей компоновке, работающие в турбулентном следе от элементов планера.

В современной научной литературе, посвященной исследованиям шума ЛВС на местности, в качестве источника шума обычно рассматривается изолированный воздушный винт, работающий в невозмущенной среде. При этом не реализуется комплексный подход к шуму силовой установки самолета в целом как к суперпозиции акустических полей, формируемых излучениями воздушного винта и внешней среды.

Целью данной работы являлась разработка методики и проведение исследований по оценке акустических параметров беспилотных летательных аппаратов, производимых в НАН Беларуси.

Для измерения уровней звукового давления использовался портативный многофункциональный шумомер типа «Экофизика – 110А». Прибор выполняет функции шумомера 1 класса точности, виброметра, анализатора спектров, узкополосного анализатора. Акустические измерения выполнялись микрофоном, расположенным на высоте 1,2 м относительно поверхности земли. При этом на микрофоне устанавливалась ветрозащитная насадка.

Нами разработана методика оценки акустических параметров беспилотных летательных аппаратов, которая использована для оценки акустических параметров

БЛА типа «Ворон», «Бусел» и «Буревестник» в полетных условиях. Показано, что природный акустический фон очень неустойчив, суммарные уровни фона, скорректированные по шкале А стандартного шумомера, находятся в пределах 32-40 дБА. Существенное влияние на суммарные уровни природного фона оказывает скорость ветра, наибольшие суммарные уровни звукового давления отмечаются в случаях, когда ветер распространяется над ровной поверхностью земли при отсутствии насаждений.

Полученный результат качественно согласуется с известной моделью генерации шума в приземном слое атмосферы, в рамках которой уровень шума тем больше, чем выше интенсивность турбулентности в приземном слое [4]. А интенсивность турбулентности определяется величинами скоростей ветра и конвективного потока и соотношением между этими скоростями [5, 6].

На основании полученных спектров уровней природного акустического звукового давления установлено, что акустическое излучение, соответствующее природному акустическому фону, является широкополосным в широком диапазоне частот 1,6 – 20000 Гц. В спектре природного акустического фона можно выделить, несколько диапазонов частот, в которых отмечается характерное изменение уровней спектральных составляющих по частоте: 1) в диапазоне частот 1,6-500 Гц отмечается монотонное уменьшение спектрального уровня звукового давления при увеличении частоты; 2) в диапазоне частот 400-10000 Гц с ростом частоты спектральный уровень звукового давления уменьшается незначительно.

Нами проведены экспериментальные исследования по оценке акустических параметров беспилотных летательных аппаратов типа «Ворон», «Бусел» и «Буревестник» в акустическом диапазоне волн (3-25000 Гц) в статических условиях (рисунок 1). Установлено, что для БПА с бензиновым двигателем «Буревестник» максимальный уровень шума наблюдается при частотах 80 и 100 Гц в диапазоне азимутных углов 30-50 градусов относительно горизонтальной оси БПА. Для БЛА с электрическими двигателями при аналогичных условиях измерения максимальный уровень шума наблюдается при частотах 200 и 3150 Гц в диапазоне азимутных углов 30 - 50 градусов.



а



б

Рисунок 1 - Измерение акустических параметров шума электрических двигателей БЛА «Бусел» (а) и «Буревестник» (б)

Акустические измерения БЛА «Бусел» в условиях реального облета производились вблизи агрогородка Дукора Пуховичского р-на. Измерения выполнялись при субъективном отсутствии источников техногенного фонового шума. Площадка представляла ровное поле с размерами примерно 2,0x2,5 км. Кратчайшее расстояние от места измерения шума до автодороги составляло около 700 м. Поверхность земли на аэродроме – заросший травой суглинок, трава была скошена. Наземная измерительная система включала в себя систему измерения и

регистрации звукового давления и систему измерения параметров атмосферы в месте проведения акустических испытаний.

Проведенные полетные испытания показали, что БЛА менее акустически заметен при малых углах подлета 0-10 градусов и на небольших высотах. Установлено, что измерения с подветренной стороны приводят к снижению уровня акустического шума БЛА, а при измерениях с наветренной стороны уровни шума выше и обнаружение БЛА становится возможным на больших удалениях. Показано, что акустическая заметность БЛА на низких частотах (8, 10, 20 Гц) составляет вне городских условий около 600 м (рисунок 2).

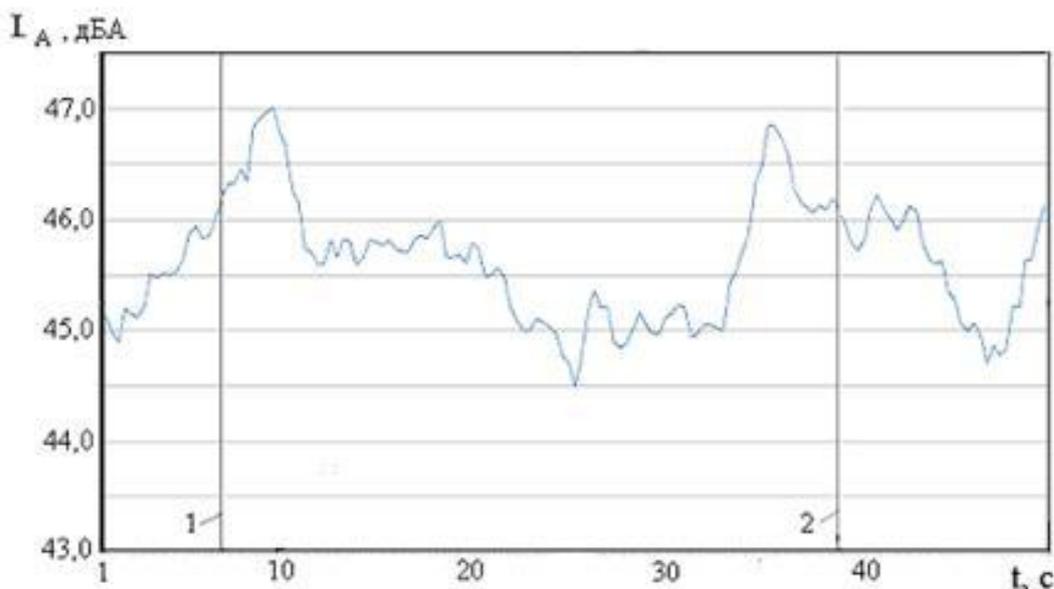


Рисунок 2 - Уровень шума L_A БЛА «Бусел» при проведении облетов на удалении 50 м и высоте полета 100 м, 1-2 зона обнаружения БЛА шумомером

Для снижения акустической заметности БЛА дополнительно может быть рекомендовано использование явления маскировки звука. Маскировка происходит вследствие повышения у наблюдателя порога слышимости звука от источника под влиянием акустических помех. Эффект маскировки проявляется в наибольшей степени в случае, если частота маскируемого звука БЛА близка к частоте маскирующего шума.

Литература

1. Ганабов В.И., Мунин А.Г. О расчете шума вращения одиночного винта с лопастями произвольной формы // Ученые записки ЦАГИ, 1989, Т. XX, №5. - С. 43-52.
2. Копьев В.Ф., Титарев В.А., Беляев И.В. Разработка методологии расчёта шума винтов с использованием суперкомпьютеров / Ученые записки ЦАГИ. 2014. Т. XLV, № 2. - С. 78-106.
3. Справочник по технической акустике / под ред. М. Хекла, Х.А. Мюллера. Л.: Судостроение, 1980.- 440 с.
4. Богаткин О.Г. Авиационная метеорология. – СПб.: Изд-во РГГМУ, 2005. – 328 с.
5. Мошков П.А. Классификация источников шума лёгких винтовых самолётов на местности // Научно-технический вестник Поволжья. - 2015. - № 4. - С. 101-106.
6. Ганабов В.И., Кукинова Н.А., Мунин А.Г. О расчете шума вращения соосных винтов // Труды ЦАГИ, 1993, вып. 2508. - С. 15 - 22.