

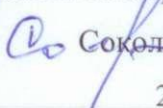


Открытое акционерное общество  
**«Экспериментальный  
машиностроительный завод  
имени В. М. Мясищева»**  
(ОАО «ЭМЗ им. В. М. Мясищева»)

Ул. Наркомвод, д. 7, г. Жуковский,  
Московская область, 140180  
тел.: (495) 664-76-76, факс: (495) 728-41-30  
e-mail: [mdb@emz-m.ru](mailto:mdb@emz-m.ru)  
<http://www.emz-m.ru>  
ОКПО 07539110, ОГРН 1105040001549  
ИНН/КПП 5040097816/504001001

№ \_\_\_\_\_  
На №201-10-30 от 12.10.2015



«УТВЕРЖДАЮ»  
Генеральный конструктор  
 Соколов Л.А.  
\_\_\_\_\_ 2015 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации – ОАО «Экспериментальный машиностроительный завод им. В.М. Мясищева» на диссертационную работу Мошкова Петра Александровича «Прогнозирование и снижение шума на местности легких винтовых самолетов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов»

Диссертационная работа П.А. Мошкова «Прогнозирование и снижение шума на местности легких винтовых самолетов» посвящена решению актуальных задач, связанных с проблемой шума на местности легкомоторных самолетов и проблемой акустической заметности малоразмерных БПЛА с винтомоторной силовой установкой (СУ). Основным источником шума на местности данного класса ЛА является силовая установка, в состав которой входят поршневые двигатели и одиночные воздушные винты различной конструкции и компоновке. Конечной целью исследований является построение физических моделей процессов образования и снижения шума, а также разработка надежных методик расчета и проектирования малозумной авиационной техники.

### Актуальность работы

Проблема прогнозирования шума на местности легких винтовых самолетов (ЛВС) возникла в связи с установлением национальных и международных стандартов на предельно-допустимые уровни шума таких самолетов на местности и вследствие широкого использования малоразмерных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с винтомоторной силовой установкой для решения задач специального назначения.

В настоящее время в связи с осознанием необходимости ограничения вредного воздействия авиации на окружающую среду, наблюдается устойчивая тенденция к ужесточению норм по шуму для всех типов ЛА, что инициирует производителей авиационной техники внедрять новейшие технологии снижения шума в их конструкцию.

### Научная новизна

Научная новизна состоит в реализации комплексного подхода к исследованию шума ЛВС на местности.

На основании выполненных экспериментальных исследований:

- определены основные закономерности генерации шума и роль различных источников излучения в суммарном шуме винтомоторных СУ;
- получены обобщенные акустические характеристики СУ ЛВС и БПЛА;
- показано влияние числа Рейнольдса на интенсивность широкополосного (вихревого) шума воздушного винта;
- определены методы снижения шума на местности ЛВС и БПЛА;
- установлены энергетические и спектральные характеристики природного фона и их зависимость от параметров приземного пограничного слоя;
- установлен критерий акустической заметности ЛА (в единицах дБА);
- разработана методика расчета границ акустической заметности ЛА с винтовыми движителями.

### **Значимость полученных результатов**

В диссертации акустическое поле самолета рассматривается как суперпозиция акустических полей, формируемых излучениями воздушного винта и поршневого двигателя. Установлена важная роль излучения от поршневого двигателя в общем шуме ЛВС с винтомоторной силовой установкой. На основании этого скорректирована традиционная структура методики прогнозирования уровней шума ЛВС на местности. Разработаны методы снижения шума ЛВС с винтомоторной силовой установкой.

Экспериментально установлена зависимость интенсивности акустического излучения вихревого шума дозвукового воздушного винта от числа Рейнольдса. На основании этого уточнена полуэмпирическая модель шума дозвукового винта в части зависимости мощности широкополосной составляющей шума воздушного винта от числа Маха потока в концевом сечении лопасти, которая является составной частью метода прогнозирования границ области слышимости летательного аппарата с винтомоторной СУ.

Экспериментально установлена для природного акустического фона в приземном слое атмосферы зависимость суммарного уровня звукового давления от характера подстилающей поверхности и от скорости ветра.

Экспериментально обосновано применение в качестве критерия аудио заметности ЛА с винтомоторной силовой установкой заданное соотношение между суммарными уровнями звукового давления в единицах дБА, соответствующими природному акустическому фону в приземном слое атмосферы и излучению от ЛА.

### **Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы**

Представленные в диссертационной работе методы прогнозирования и снижения шума на местности имеют возможность практического применения для оценки акустических характеристик проектируемых современных малозумных самолетов и БПЛА с винтомоторной силовой установкой, а результаты работы могут быть использованы как рекомендации при проектировании новых ЛА.

В частности, экспериментально выявлено влияние на уровень шума следующих конструктивных особенностей схемы ЛА:

- заключение двигателя (ROTAX-912ULS) в капот приводит к существенному снижению (до  $\sim 7$  дБ) уровня звуковой мощности основного тона двигателя на всех рассматриваемых режимах работы;

- уменьшение диаметра винта (на 3,3%) является средством снижения шума ЛВС на местности (на ~1,5 дБ) в широком диапазоне частот вращения;
- увеличение зазора (от  $x/c= 0,13$  до  $x/c= 0,22$ ) между плоскостью вращения винта в толкающей компоновке и задней кромкой крыла приводит к снижению шума винта (на 6,3 дБ).

Разработанная методика расчетной оценки координат границ слышимости ЛА с винтовыми двигателями позволяет оценивать степень акустической заметности ЛА и, как следствие, акустического совершенства проектируемых ЛА.

Результаты диссертационной работы могут использоваться отечественными разработчиками для создания ЛВС и БПЛА с винтомоторной силовой установкой с требуемым уровнем акустических характеристик.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций полученных результатов подтверждается использованием известных научных положений и методов расчета, применением аттестованных средств измерений и не противоречат результатам исследований других авторов.

#### **Замечания по диссертационной работе**

В работе отсутствует оценка изменения уровней шума и аудио заметности за счет влияния экранирования винта кольцом в силовой установке с винтокольцевым двигателем, что представляет интерес при проектировании перспективных малошумных БПЛА специального назначения.

Приведенное замечание не снижает общего высокого научного уровня и ценности диссертационной работы Мошкова П.А.

#### **Общая оценка диссертационной работы**

Диссертационная работа посвящена актуальной теме и решению насущных проблем авиационной отрасли. Материал диссертации в рамках поставленных целей и задач изложен логично, последовательно и аргументированно. Результаты диссертационной работы являются значимыми для развития отечественного авиационного моторостроения и могут быть использованы ведущими производителями ЛА с винтомоторными силовыми установками в частности, ОКБ им А.С. Яковлева, ОКБ «МиГ», ОАО «Климов», КБ «Искатель» при МАИ, ОАО ОКБ «Сокол», ООО «АФМ-Серверс», ООО «Плаз», ООО «Геоскан», группой компаний «Транзас» др.

Диссертация по своему содержанию соответствует паспорту специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

#### **Заключение**

Диссертационная работа Мошкова Петра Александровича «Прогнозирование и снижение шума на местности легких винтовых самолетов» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение сложной и перспективной для авиационного моторостроения задачи - создание малошумных винтомоторных силовых установок для легкомоторных самолетов и БПЛА.

По научному уровню, полученным результатами, содержанию и оформлению диссертационная работа «Прогнозирование и снижение шума на местности легких винтовых самолетов» соответствует требованиям и критериям «Положения о присуждении ученых

степеней» ВАК РФ для диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата наук. Автор диссертации – Мошков Петр Александрович – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Диссертационная работа и отзыв рассмотрены на заседании НТС ЭМЗ, протокол № 8 от «16» ноября 2015г.

Главный конструктор, к.т.н.

В.А. Ширинянц

Зам. Главного конструктора

А.В. Архипов

Секретарь НТС

В.М. Касаткин