УДК 534.83:629.735.45

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА ВЫТЕСНЕНИЯ ОТ НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА В ДАЛЬНЕМ ПОЛЕ

В.А. ГОЛОВКИН, Б.С. КРИЦКИЙ, Р.М. МИРГАЗОВ

Приведены результаты исследования влияния геометрических и кинематических параметров несущего винта на его акустические характеристики, в частности на шум вытеснения.

Ключевые слова: вертолет, несущий винт, шум вытеснения, лопасть, законцовка, уровень звукового давления.

Введение

Необходимость выбора рациональных геометрических и кинематических параметров несущего винта (НВ) вертолета на этапе проектирования с учетом сертификационных требований по шуму на данный момент является актуальной задачей. Для сертификации вертолетов по шуму в соответствии с требованиями ИКАО производятся замеры на трех режимах: набор высоты после взлета, горизонтальный полет на заданной высоте и снижение для захода на посадку. Высота пролета и расположение микрофонов для сертификационных замеров 150 м. Шум вытеснения – это один из видов шума, воспроизводимого НВ вертолета, который необходимо учитывать при сертификации.

Объект исследования и основные результаты

Исследование шума вытеснения выполнялось применительно к НВ, имеющему параметры винта вертолета класса Ми-8. За исходные данные приняты следующие величины: радиус R = 8,65 м; хорда b = 0,58 м; профиль NACA 23012. Скорости полета V = 40 м/с и 50 м/с, окружные скорости концов лопастей ωR = 190 м/с, 210 м/с, 220 м/с, 230 м/с. Контрольные точки, в которых рассчитывалось звуковое давление, располагались на окружности радиусом 150 м и 300 м с центром во втулке в плоскости диска несущего винта. Исследовались лопасти с прямоугольной и стреловидной концевой частью.

Достоверность полученных результатов с помощью метода расчета характеристик шума, вызванных толщиной лопасти, обоснована сопоставлением расчетных данных с данными летного эксперимента [1; 2].

На рис. 1 – 3 представлены диаграммы направленности шума вытеснения в виде максимального звукового давления для четырех значений окружной скорости концов лопастей ωR = 190 м/с, 210 м/с, 220 м/с, 230 м/с. Видно, что увеличение окружной скорости приводит к увеличению максимального звукового давления.

Максимальные значения уровней звукового давления (SPL) для всех исследуемых ωR представлены в табл. 1.

Таблица 1

ωR, м/с	SPL (dB), V=40 м/с, R=150 м	SPL (dB), V=40 м/с, R=300 м	SPL (dB), V=50 м/с, R=150 м
190	85,44	79,49	87,97
210	93,37	87,35	96,46
220	97,66	91,64	101,11
230	102,25	96,23	106,16

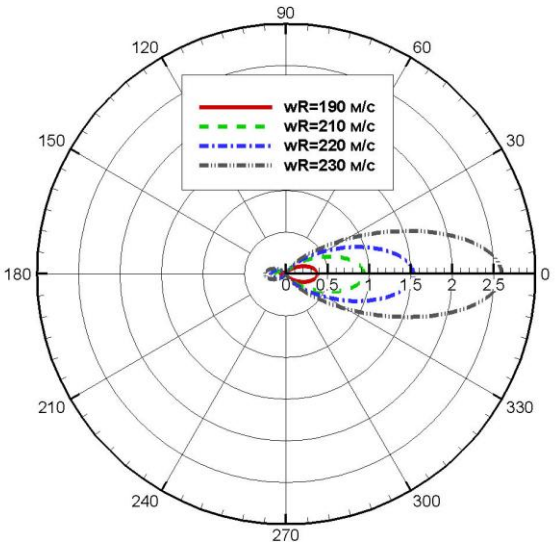

Рис. 1. Диаграмма направленности шума вытеснения (V = 40 м/с, R = 150 м)

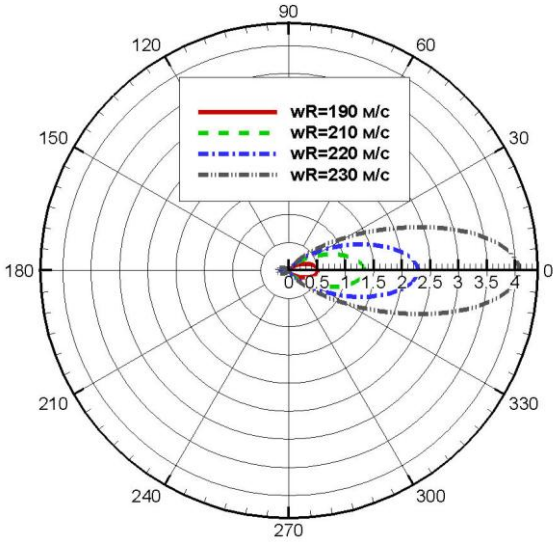

Рис. 2. Диаграмма направленности шума вытеснения (V = 50 м/с, R = 150 м)

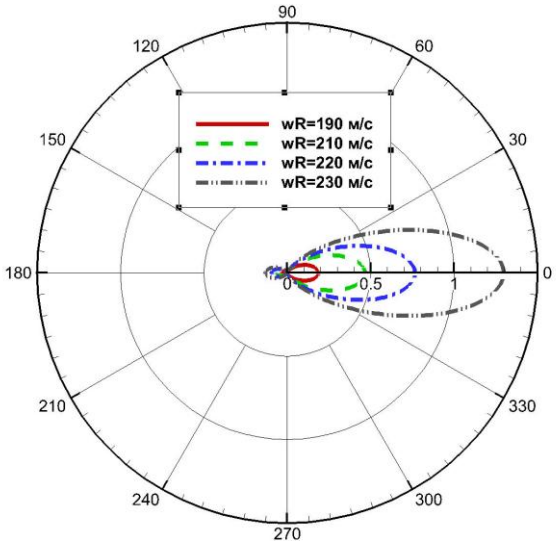

Рис. 3. Диаграмма направленности шума вытеснения (V = 40 м/с, R = 300 м)

Далее приводятся результаты расчета звукового давления в области максимума для различных концевых частей лопасти НВ. Область максимума звукового давления – это область, лежащая в плоскости диска несущего винта, направленная по направлению полета, в данном случае на расстоянии 150 м и 300 м перед втулкой НВ.

На рис. 4 – 7 представлены распределения звукового давления в области максимума [1] для прямоугольной и четырех стреловидных законцовок с углами стреловидности χ = 17,3°; 32°; 43,5° и 51,3° при ωR = 190 м/с; ωR = 210 м/с; ωR = 220 м/с и ωR = 230 м/с, скорость полета вертолета V = 40 м/с и расстояние до точки наблюдения R = 150 м.

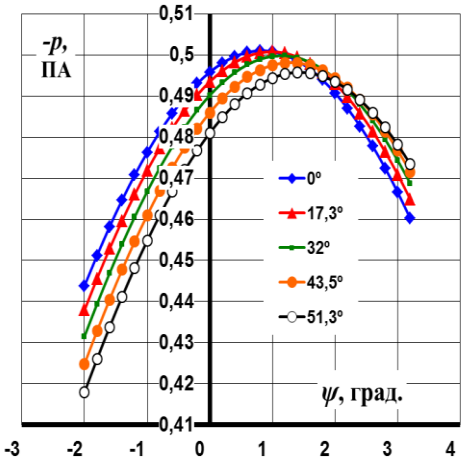

Рис. 4. Распределение звукового давления в области максимума (V = 40 м/с, R = 150 м, ωR = 190 м/с)

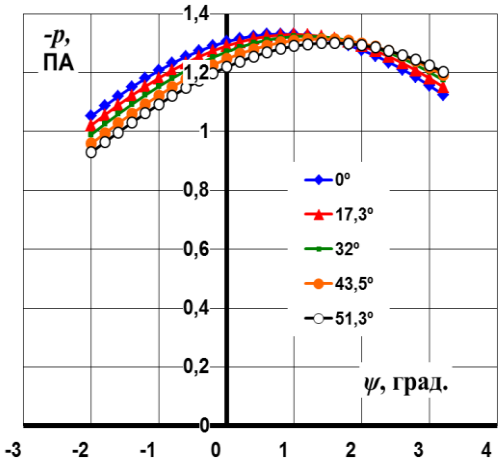

Рис. 5. Распределение звукового давления в области максимума (V = 40 м/с, R = 150 м, ωR = 210 м/с)

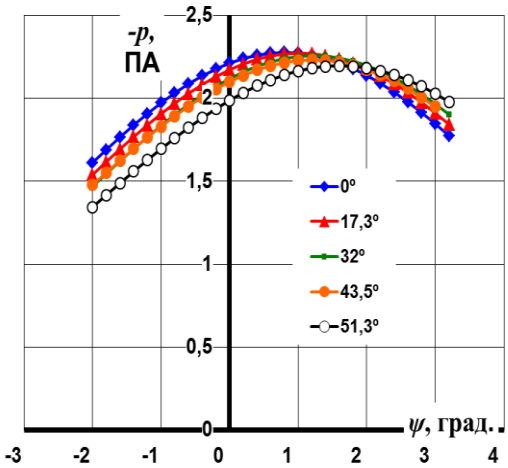

Рис. 6. Распределение звукового давления в области максимума (V = 40 м/с, R = 150 м, ωR = 220 м/с)

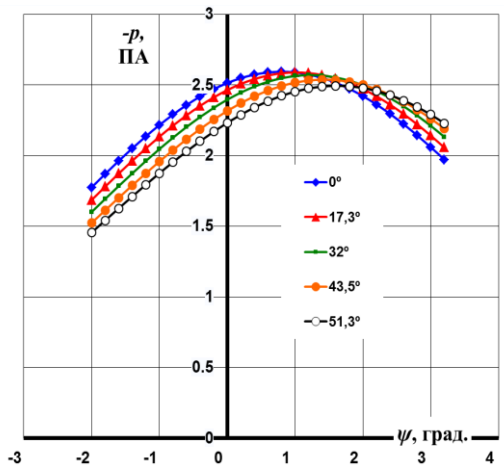

Рис. 7. Распределение звукового давления в области максимума (V = 40 м/с, R = 150 м, ωR = 230 м/с)

На рис. 8 – 11 приведены распределения звукового давления в области максимума для прямоугольной и для тех же законцовок при ωR = 190 м/с, ωR = 210 м/с, ωR = 220 м/с и ωR = 230 м/с, скорость полета V = 40 м/с и расстояние до точки наблюдения R = 300 м.

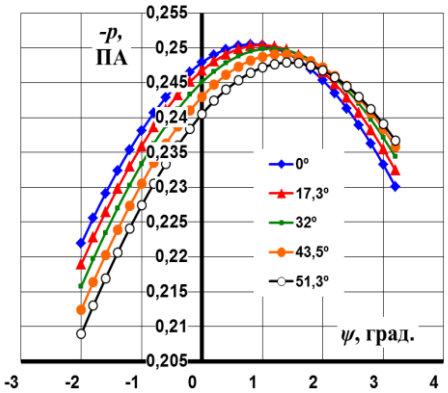

Рис. 8. Распределение звукового давления в области максимума (V = 40 м/с, R = 300 м, ωR = 190 м/с)

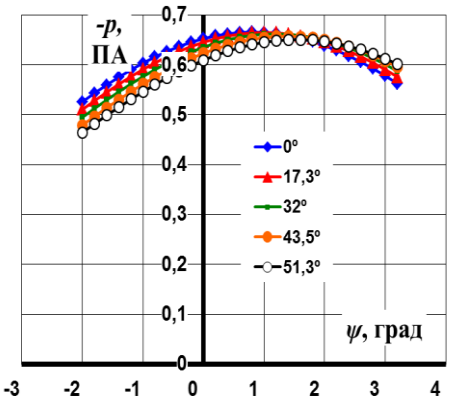

Рис. 9. Распределение звукового давления в области максимума (V = 40 м/с, R = 300 м, ωR = 210 м/с)

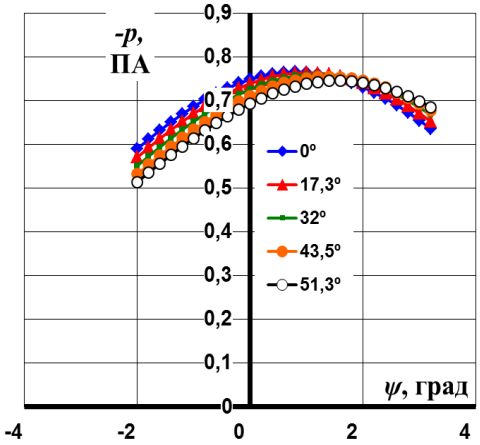

Рис. 10. Распределение звукового давления в области максимума (V = 40 м/с, R = 300 м, ωR = 220 м/с)

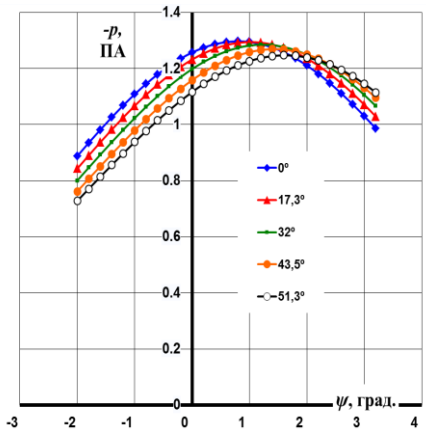

Рис. 11. Распределение звукового давления в области максимума (V = 40 м/с, R = 300 м, ωR = 230 м/с)

Рис. 12 – 15 иллюстрируют распределение звукового давления в области максимума для прямоугольной и четырех указанных законцовок при ωR = 190 м/с, ωR = 210 м/с, ωR = 220 м/с и ωR = 230 м/с, скорость полета вертолета V = 50 м/с и расстояние до точки наблюдения R = 150 м.

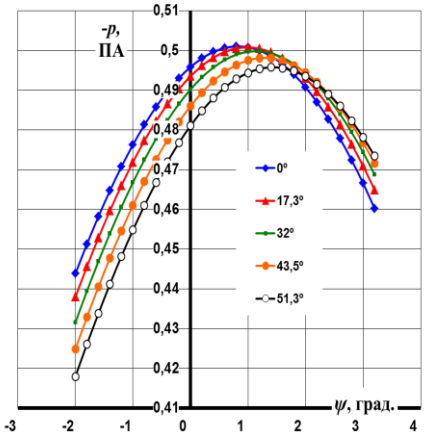

Рис. 12. Распределение звукового давления в области максимума (V = 50 м/с, R = 150 м, ωR = 190 м/с)

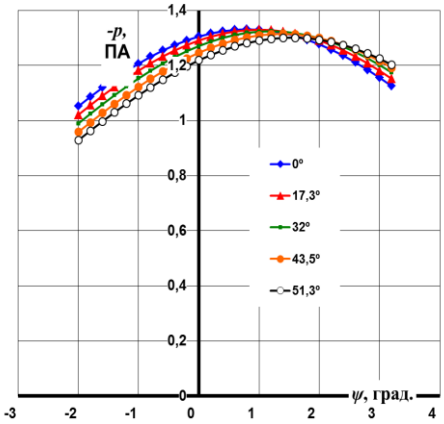

Рис. 13. Распределение звукового давления в области максимума (V = 50 м/с, R = 150 м, ωR = 210 м/с)

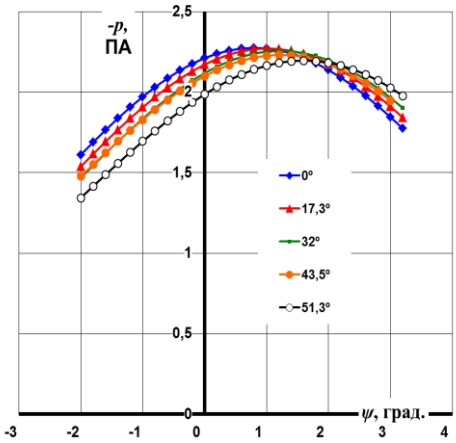

Рис. 14. Распределение звукового давления в области максимума (V = 50 м/с, R = 150 м, ωR = 220 м/с)

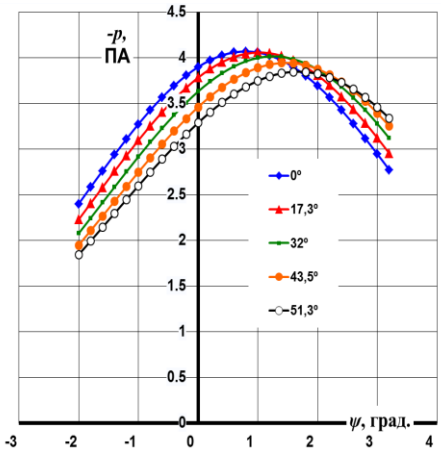

Рис. 15. Распределение звукового давления в области максимума (V = 50 м/с, R = 150 м, ωR = 230 м/с)

Из приведенных графиков видно, что в дальнем поле форма концевой части лопасти очень слабо влияет на величину и форму звукового давления. Несмотря на это, его необходимо учитывать в ближнем поле [1], где геометрия сильно влияет как на амплитуду, так и на форму пика звукового давления.

В табл. 2 представлен уровень звукового давления при ωR = 190 м/с, ωR = 210 м/с, ωR = 220 м/с и ωR = 230 м/с. Видно, что при расстояниях до точки наблюдения 150 м и более форма концевой части лопасти не влияет на уровень звукового давления и достаточно существенно зависит от окружной скорости концов лопастей.

Выводы

Методика определения шума вытеснения при различных значениях окружной скорости концов лопастей НВ и формы концевой части лопасти в плане открывает дополнительные возможности параметрических исследований, что позволяет ее применять в практике аэродинамического проектирования лопастей винтов и расчета акустических характеристик вертолета.

Таблица 2

ωR, м/с	χ, град	SPL(dB), V = 40 м/с, R = 150 м	SPL (dB), V = 40 м/с, R = 300 м	SPL (dB), V = 50 м/с, R = 150 м	ωR, м/с	χ, град	SPL(dB), V = 40 м/с, R = 150 м	SPL (dB), V = 40 м/с, R = 300 м	SPL (dB), V = 50 м/с, R = 150 м
190	0	85,45	79,43	87,98	220	0	97,67	91,65	101,11
190	17,3	85,44	79,42	87,97	220	17,3	97,66	91,64	101,09
190	32	85,43	79,41	87,95	220	32	97,62	91,60	101,04
190	43,5	85,41	79,38	87,92	220	43,5	97,55	91,52	100,94
190	51,3	85,37	79,35	87,88	220	51,3	97,45	91,42	100,81
210	0	93,39	87,37	96,46	230	0	102,25	96,23	106,16
210	17,3	93,38	87,36	96,45	230	17,3	102,24	96,22	106,14
210	32	93,35	87,33	96,41	230	32	102,17	96,15	106,04
210	43,5	93,31	87,28	96,35	230	43,5	102,06	96,04	105,89
210	51,3	93,23	87,21	96,26	230	51,3	101,91	95,89	105,67

ЛИТЕРАТУРА

1. Головкин В.А., Крицкий Б.С., Миргазов Р.М. О расчете шума вытеснения несущего винта, вызванного толщиной лопасти // Ученые записки ЦАГИ. - 2010. - Т. XLI. - № 5. - С. 3 – 12.

2. Schmitz F.H., Boxwell D.A. "In-Flight Far-field Measurement of Helicopter Impulsive Noise", 32nd Annual National Forum AHS Preprint № 1062, 1976.

RESEARCH OF THE THICKNESS NOISE OF MAIN ROTOR IN FAR FIELD

Golovkin V.A., Kritsky B.S., Mirgazov R.M.

The results of acoustic characteristics of the main rotor, in particular the thickness noise are presented. The influences of geometric and kinematic parameters on the thickness noise are investigated.

Key words: helicopter, main rotor, thickness noise, blade, ending, Sound Pressure Level.

Сведения об авторах

Головкин Владимир Алексеевич, 1941 г.р., окончил МАИ (1964), кандидат физико-математических наук, доцент, заместитель начальника отделения ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского, автор более 80 научных работ и изобретений, область научных интересов – аэродинамика, гидродинамика, математические методы.

Крицкий Борис Сергеевич, 1949 г.р., окончил ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского (1976), доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского, автор более 150 научных работ, область научных интересов – численные методы в аэрогидродинамике, аэродинамика и аэроакустика винтокрылых летательных аппаратов.

Миргазов Руслан Миннхатович, 1979 г.р., окончил МФТИ (2002), старший научный сотрудник ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского, кандидат технических наук, автор 28 научных работ, область научных интересов – численные методы и их алгоритмическая реализация, аэродинамика и акустика несущего винта.