

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Сучасні технології  
у промисловому виробництві**

**МАТЕРІАЛИ**

**НАУКОВО - ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
ВИКЛАДАЧІВ, СПІВРОБІТНИКІВ,  
АСПІРАНТІВ І СТУДЕНТІВ  
ФАКУЛЬТЕТУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ  
ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
(Суми, 14–17 квітня 2015 року)**

**ЧАСТИНА 2**

**Конференція присвячена Дню науки в Україні**

Суми  
Сумський державний університет  
2015

## УРОВНИ ОБРАЗУЕМОГО ШУМА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УГЛА АТАКИ ЛОПАСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

*Голинач Б. С., студент; Афанасьева Н. А., аспирант; Пляцук Л. Д., профессор*

Проблема шума вызванного переменным углом атаки существенна для различных видов ветроэнергетических установок (ВЭУ).

В частности, проблема характерна для ВЭУ с вертикальной осью вращения (ВОВЭУ), аэродинамические свойства которых, в настоящее время мало изучены. В течении одного оборота ротора, даже в условиях стабильного потока ветра, угол атаки и скорость потока изменяются циклично. Угол атаки для ВОВЭУ в течение одного оборота, в том числе и при эффективной системе управления, изменяется от  $1^\circ$  до  $20^\circ$ .

Исследования потока вокруг симметричных тонких профилей НАСА0018, в условиях низких значений чисел Рейнольдса ( $3.0 \times 10^5$ ) проводились Keiko Fukudome et. al. (равномерная скорость потока 25 м/с, эквивалентно работе ВОВЭУ при постоянной скорости ветра 6 м/с). Угол атаки  $9^\circ$  сопровождается сепарацией пограничного слоя, а обтекание со срывом возникает при угле  $12^\circ - 16^\circ$ . Характерные эффекты обтекания со срывом, сопровождаемые сильным завихрением потока по всей длине хорды лопасти, зафиксированы при угле атаки  $20^\circ$ .

Присутствие неэффективного угла атаки, наблюдалось также в исследованиях А.С. Гуринова, для малогабаритной двухлопастной горизонтально-осевой ВЭУ (ГОВЭУ) диаметром 4,5 м. Автором установлено, что под действием инерционных сил, а также сил трения, затрудняющих перестройку вслед за изменением направления ветра, ВЭУ постоянно находится в состоянии присутствия косой обдувки. При постоянной частоте вращения зона нечувствительности ВЭУ к повороту составляет  $11.6^\circ$ . Наличие косой обдувки вызывает значительный перекося распределения углов атаки по азимуту вращения лопасти, главным образом в вертикальной плоскости. При угле обдувки  $30^\circ$  угол атаки изменяется от  $0^\circ$  до  $11^\circ$ . Отмечено, что несмотря на перекося распределения углов атаки, явлений обтекания со срывом не возникает.

Угол атаки лопасти определяет режим процесса шумообразования. Даже в условиях ламинарного потока лопасть создает звуковые колебания, вызванные взаимодействием вихрей пограничного слоя стекающих с замыкающей кромки лопасти.

По мере увеличения угла атаки происходит переформирование пограничного слоя и в некоторой точке обтекание лопасти происходит со срывом потока. До момента обтекания со срывом шум главным образом формируется взаимодействием турбулентности пограничного слоя с замыкающей кромкой лопасти. Такой шум относится к широкополосному и его принято считать главным источником аэродинамического шума.

В условиях обтекания со срывом область турбулентного пограничного слоя со стороны всасывания потока расширяется, формируя крупные завихрения (нестабильные структуры) воздействующие на поверхность лопасти и формирующие флуктуации давления большей амплитуды и более низкой частоты.

Fink и Bailey обнаружили усиление шума замыкающей кромки лопасти более чем на 10 дБ по мере отклонения угла атаки. В определенных условиях шум взаимодействия вихрей с поверхностью лопасти при обтекании со срывом может оказаться единственным источником шума низкой частоты.

На основании полуэмпирической модели BPM (Brooks, Pope & Marcolini) можно получить расчетное распределение уровней звукового давления (УЗД) в зависимости от механизма шумообразования до и послн момента срыва потока. На рисунке (рис.) представлено распределение УЗД образуемых профилем лопасти (NACA0012) горизонтально-осевой установки с рабочим радиусом лопасти 1.8 м и хордой 0.3 м, работающей на частоте 380 мин<sup>-1</sup>. Наблюдается, что изменение уровня звукового давления по мере увеличения угла атаки до момента срыва потока составляет около 50 дБ. УЗД превышает 40 дБ при угле атаки более 5.5°. Тенденция повышения уровня при этом наблюдается в диапазонах инфранизких (0.8 – 10 Гц) и средних (1000 - 3000 Гц) частот. В условиях обтекания со срывом изменение уровня звукового давления, по мере увеличения угла атаки от 12.6° до 17°, составляет порядка 10 дБ и достигает значений более 80 дБ в инфранизком и болнн 70 дБ - в низком диапазонах частот (0.8 – 250 Гц).

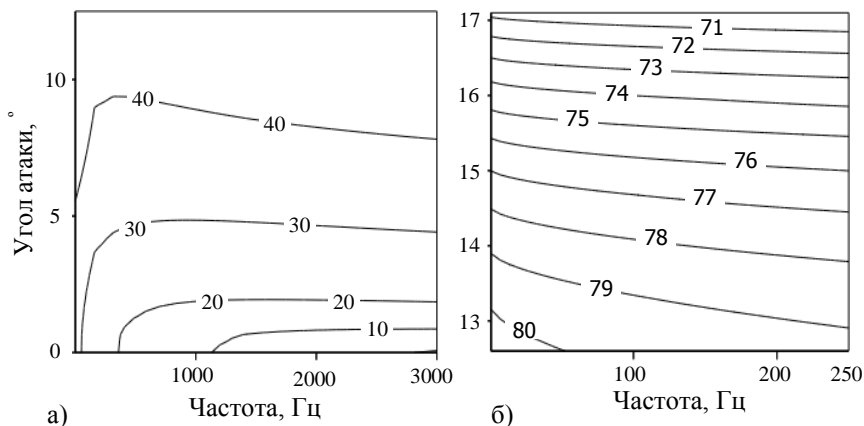


Рисунок 1 – Изолинии распределения уровней звукового давления (дБ) в зависимости от угла атаки и частотных полос:

а) в широком диапазоне частот до 3000 Гц и диапазоне углов атаки от 0° до 12.5°; б) в диапазоне низких частот до 250 Гц и диапазоне углов атаки от 12.6° до 17°.