

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗОНАНСНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛОПАТКИ МКЭ

Секачёв А.Ф.¹, Фицнер А.Ф.², Титенко В.В.³ Email: Sekachev17104@scientifictext.ru

¹Секачёв Андрей Фёдорович – аспирант;

²Фицнер Артём Фёдорович – студент;

³Титенко Владимир Владимирович – кандидат технических наук, доцент,
кафедра нефтегазового дела, стандартизации и метрологии,
Омский государственный технический университет,
г. Омск

Аннотация: лопатка является упругой конструкцией и имеет спектр собственных частот и форм колебаний. Они влияют на динамические свойства самой лопатки и её способность реагировать на различные воздействия. В работе построена модель лопатки постоянного сечения. Методом конечных элементов рассчитаны собственные частоты и формы колебаний лопатки вентилятора для четырех случаев: при отсутствии вращения и с тремя разными частотами вращения. Результат анализа позволяет охарактеризовать зависимость собственных частот колебаний от режима работы.

Ключевые слова: формы колебаний, собственные частоты, диаграмма Кэмпбелла, МКЭ.

THE CALCULATING OF RESONANCE –FREQUENCY OF BLADES FEM

Sekachev A.F.¹, Fitsner A.F.², Titenko V.V.³

¹Sekachev Andrey Fedorovich – Postgraduate;

²Fitsner Artyom Fedorovich – Student;

³Titenko Vladimir Vladimirovich – PhD in Technical Science, Associate Professor,
DEPARTMENT OF OIL AND GAS ENGINEERING,
STANDARDIZATION AND MATROLOGY, OMSK STATE TECHNICAL UNIVERSITY,
OMSK

Abstract: the blade is an elastic structure and has a spectrum of natural frequencies and vibration modes. They affect the dynamic properties of the blade itself and its ability to respond to various effects. A model of a constant-section blade is constructed. The finite frequency method was used to calculate the natural frequencies and shapes and vibrations of the fan blade for four cases: in the absence of rotation and with three different rotational frequencies. The result of the analysis makes it possible to characterize the dependence of the natural frequencies of oscillations on the operating modes.

Keywords: forms of oscillation, natural frequency, Campbell diagram, FEM.

УДК: 62-253.5

Формы и частоты колебаний необходимо определять на этапе проработки конструкции, чтобы избежать разрушений при испытании. Анализ форм свободных колебаний даёт возможность выявить наиболее напряженные элементы конструкции, максимальные амплитуды колебаний.

Известно, что собственные частоты колебаний механических систем зависят от рабочих режимов. Диаграмма, отражающая зависимость собственных частот колебаний тела от частоты вращения и позволяющая находить режимы работы, на которых происходят резонансные колебания, называется диаграммой Кэмпбелла. В статье [2] рассмотрены колебания лопатки цельнолитого диска.

В настоящее время для анализа динамических характеристик элементов конструкций широко применяют численные методы и прежде всего метод конечных элементов (МКЭ). МКЭ является численным методом решения дифференциальных уравнений. В этом качестве он является и методом построения математической модели и методом её исследования. Сущность этого метода состоит в том, что реальная (проектируемая) конструкция моделируется набором связанных друг с другом в узлах простейших элементов в виде кубов и тетраэдров, имитирующих работу под нагрузкой конструктивных элементов реальной конструкции, в данном случае лопатки.

В работе исследовалась зависимость собственных частот колебаний лопатки от частоты вращения. Вычисления проводились в программном комплексе ANSYS Workbench 15, который позволяет производить модальный анализ - один из методов определения форм и частот собственных колебаний.

Для построения диаграммы расчет был выполнен для случаев с разными частотами вращения: 0 об/мин, 7500 об/мин, 15000 об/мин и 30000 об/мин. Число конечных элементов модели – 3490, число узлов – 6806.

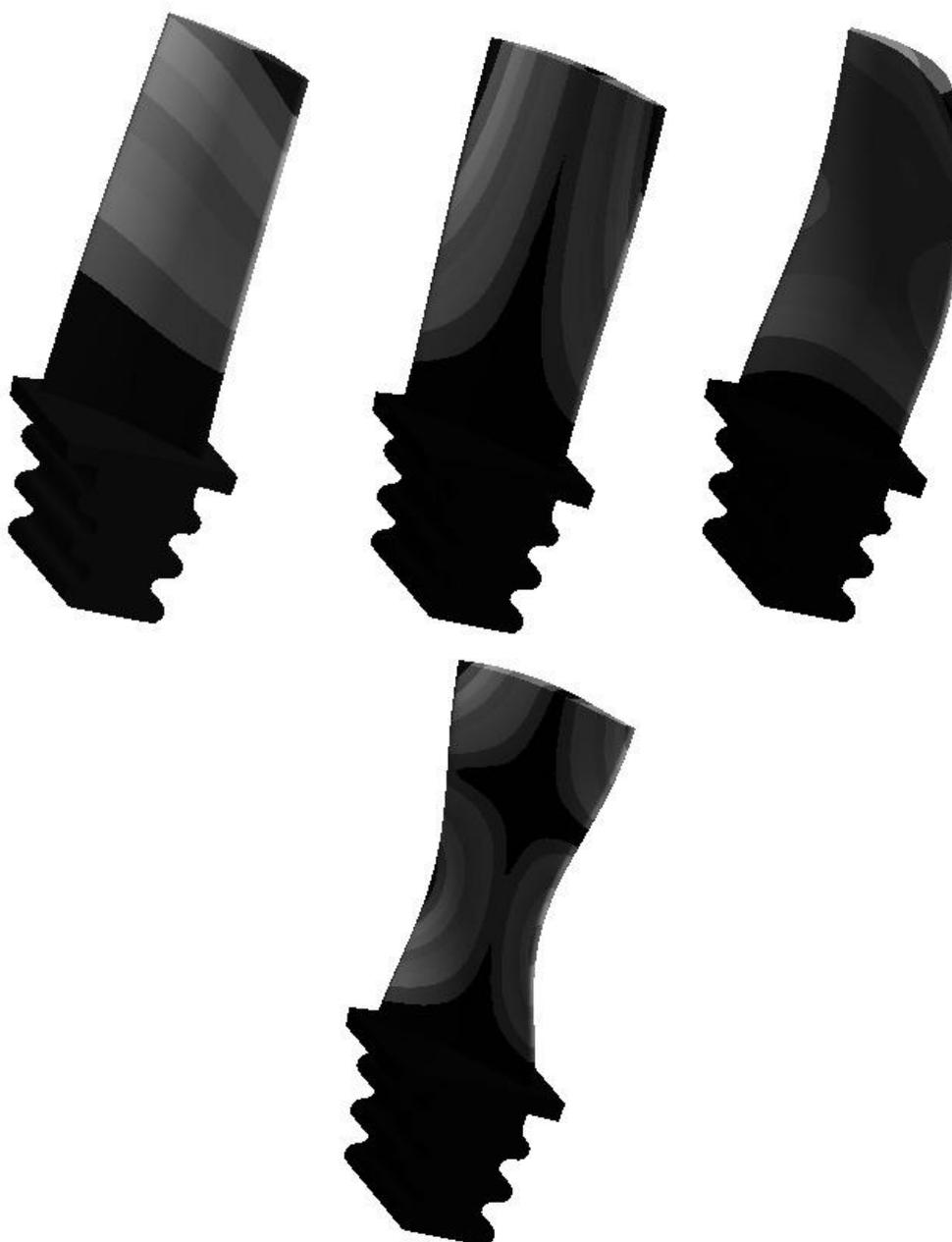
Граничные условия – отсутствие перемещений по линии контакта лопатки вентилятора с диском.

Вычисления были проведены на компьютере с процессором Intel(R) Core(TM) Quad CPU Q8200 2.33 GHz и оперативной памятью 2.00 Гб.

Рассчитанные 4 формы и частоты колебаний лопатки в диапазоне 0...6000 Гц представлены в таблице 1. Формы колебаний при нулевой частоте вращения представлены на рисунке 1. Первая форма – первая изгибная форма колебаний лопатки, вторая форма – первая крутильная, третья форма – вторая изгибная, четвертая форма – вторая крутильная.

Таблица 1. Частоты колебаний

n, об/мин	0	7500	15000	30000
Частота f первой формы колебаний, Гц	432,2	503,9	673,4	1111,5
Частота f второй формы колебаний, Гц	1427,5	1450,9	1518,2	1756,8
Частота f третьей формы колебаний, Гц	3198,8	3238,2	3357,6	3934,5
Частота f четвертой формы колебаний, Гц	4719,8	4772,6	4924,8	5474,7



$f_1=432,2$ Гц $f_2=1427,5$ Гц $f_3=3198,8$ Гц $f_4=4719,8$ Гц

Рис. 1. Формы колебаний лопаток при n=0 об/мин

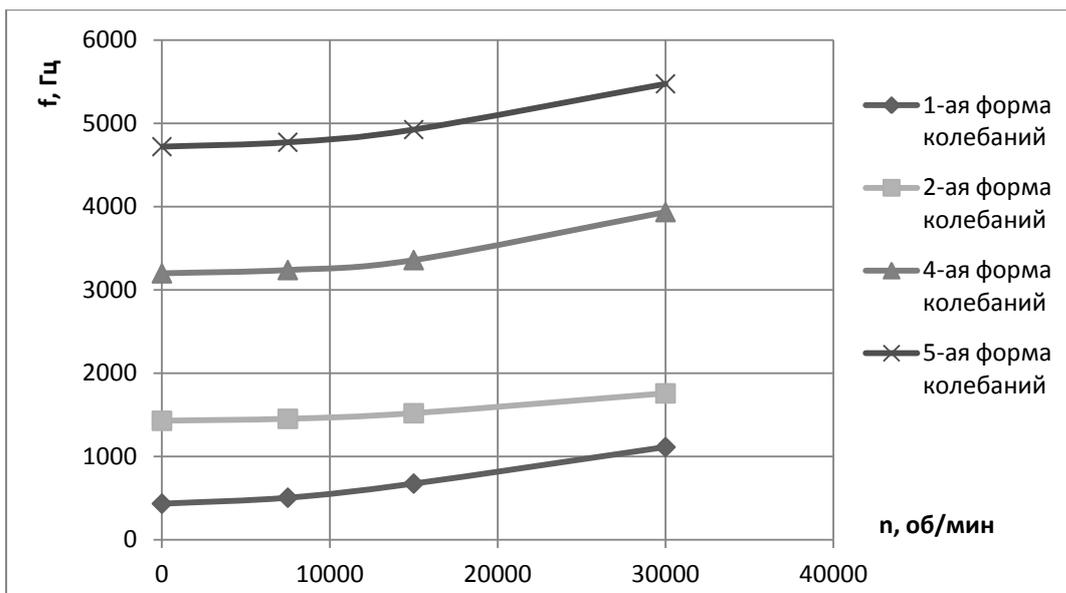


Рис. 2. Диаграмма Кэмпбелла

На диаграмме Кэмпбелла видно, что частоты собственных колебаний нелинейно зависят от частоты вращения. С увеличением частоты вращения под действием центробежных сил незначительно увеличивается жесткость конструкции, что приводит к возрастанию частот собственных колебаний. Также видно, что изгибная жесткость в большей степени зависит от частоты вращения, чем жесткость на кручение.

Литература / References

1. Колебания. Р.Е. Бишоп. Перевод с английского. Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1968 г. 161 стр.
2. Секачѳв А.Ф. Агарин М.Ю. Определение собственных частот и форм колебаний лопатки МКЭ [Текст] / А.Ф. Секачѳв, М.Ю. Агарин // Международный научно-исследовательский журнал, 2014. № 24. С. 115-116.
3. Чигарев А.В., Кравчк А.С., Смалюк А.Ф. ANSYS для инженеров: Справ. пособие. М.: Машиностроение-1, 2004. 512 с.