

обратную: методом последовательных моделирований формировать требования к профилю шероховатости поверхности, обеспечивающей заданную величину коэффициента концентрации напряжений за счет резкого сокращения времени обработки информации.

Таким образом, в результате комплексных теоретико-экспериментальных исследований удалось оптимизировать не только параметры импульсной ЭХО пера лопатки, обеспечивающей получение окончательных размеров и оптимальное состояние поверхностного слоя как по остаточным напряжениям, так и по содержанию водорода. Но удалось также предложить надежную методику оценки состояния грании зерна на поверхности после ЭХО, а также резко сократить время определения коэффициента концентрации напряжений. Все это в целом способствует реализации окончательной электрохимической обработки пера таким образом, чтобы обеспечить в наибольшей степени ее положительное влияние на ресурс и надежность работы лопатки в узле.

СОЗДАНИЕ ККНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ШНЕКОВОГО КОЛЕСА

Крючков А.Н., Прокофьев А.Б., Баннов В.А., Иголкин А.А.
Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Процесс эксплуатации топливных систем, оснащенных комбинированными насосами типа НД, выявил наличие дефекта упорного графитового подшипника ротора шнекоцентробежной ступени, заключающегося в выкрашивании его рабочего торца. Многочисленные исследования не позволили однозначно установить механизм возникновения данного дефекта.

Теоретический анализ позволил высказать гипотезу о причастности динамических процессов в шнековом преднасосе к разрушению упорного подшипника [1,2]. Для подтверждения данной гипотезы необходимо проведение исследований динамических процессов в рассматриваемом преднасосе.

Анализ работ, посвященных исследованию динамических процессов в осевых шнековых преднасосах [3,4], позволяет сделать вывод о том,

что указанная задача еще весьма далека от ее разрешения. В настоящее время существуют либо полуэмпирические, либо качественные соотношения, отражающие лишь суть процессов течения рабочей жидкости в шнековом преднасосе. Данные расчётные соотношения справедливы только для несколько идеализированной модели течения рабочей жидкости в межлопаточных каналах шнекового колеса. Допущения, принимаемые при идеализации, не позволяют использовать полученные соотношения для создания инженерных методик расчёта динамических процессов в шнековом преднасосе.

В последнее время были разработаны CAE (computer aided engineer) – системы, позволяющие моделировать многие физические процессы численными методами с высокой достоверностью (высокой степенью сходимости с экспериментальными данными). В этой связи было принято решение создать, а затем исследовать модель шнекового колеса агрегата НД. Особенностью CAE – систем (в частности, системы ANSYS) является то, что они позволяют создавать геометрические образы исследуемого объекта. Однако шнековое колесо – сложный по форме, несимметричный объект, представляющий собой совокупность сложных поверхностей. Геометрическое моделирование подобного объекта способами, реализованными в CAE – системах, составляет значительную трудность. С другой стороны CAE – системы могут использовать для расчёта геометрические модели, созданные с помощью специализированных графических систем. Поэтому для выполнения геометрической твёрдотельной параметрической модели шнекового колеса была использована САПР Solid Works.

Для выполнения модели шнековое колесо было условно разделено на составляющие элементы, т.е. были выделены втулка (полый цилиндр) и 2 лопасти (винтовые поверхности). Втулка шнека была создана путём изображения её поперечного сечения и последующего вытягивания его с помощью соответствующей функции системы Solid Works. Одна винтовая лопасть шнека была выполнена с использованием функции “Поверхность по траектории”, т.е. была задана форма поперечного сечения лопасти и направляющая винтовая линия. Для получения другой лопасти было применено создание кругового массива элементов.

После создания геометрической модели было выполнено преобразование её в формат IGS и импорт в CAE – систему ANSYS. Программный комплекс ANSYS основан на использовании метода конечных эле-

ментов для моделирования процессов различной физической природы.

Важным этапом создания МКЭ модели является генерация сетки конечных элементов. В рассматриваемом случае была создана сетка на базе 10 – узловых тетраэдральных твёрдотельных элементов (10 – Node Tetrahedral Structural Solid). Данные элементы хорошо подходят для генерации нерегулярных сеток. Использование функций автоматического нанесения свободной (free) сетки и SmartSizing (с уровнем 6 (Level=6)) позволило создать сетку из 11650 элементов и 21400 узлов (рис. 1).

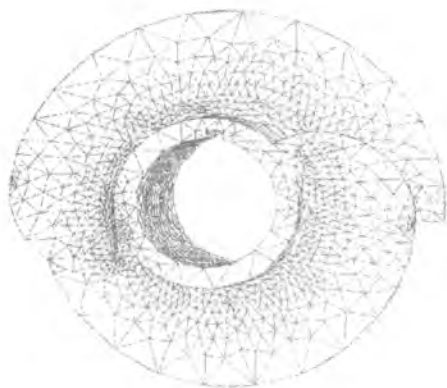


Рис. 1. Конечно – элементная модель шнека

Первым этапом исследования свойств шнека стало определение собственных частот колебаний его лопастей. С этой целью в системе ANSYS были определены граничные условия: было задано, что шнековое колесо является жёстко закреплённым по внутренней цилиндрической поверхности (имитация крепления на валу) и по торцам. В результате расчёта были получены 4 первые собственные частоты и формы колебаний лопастей шнека. Полученные формы колебаний лопастей шнека представлены на рис. 2.

Известно, что точность результатов моделирования с помощью метода конечных элементов в значительной мере зависит от плотности сетки КЭ. Для проверки достоверности результатов, представленных на рис.2, было проведено повторное нанесение сетки и получение решения

модального анализа с различными параметрами уровня функции SmartSizing. Зависимость собственных частот лопастей шнека от параметра уровня представлена в табл. 1.

Анализ данных табл. 1 позволяет сделать вывод, что даже при Level=7 сетка обеспечивает довольно точное решение. Отличие этих результатов от результатов, полученных при более высокой плотности сетки (Level=5), не превышает 1,8% по первой собственной форме и 6,2% по четвёртой форме. Из данных цифр видно, что с увеличением номера формы колебаний возрастает влияние плотности сетки на точность результатов расчета.

Таблица 1

Номер собст- венной формы	Собственная частота при уровне функции SmartSizing				
	Level=7	Level=6	Level=5	Level=4	Level=3
1	3789	3753	3720	3723	3736
2	4345	4280	4236	-	-
3	5057	4822	4843	-	-
4	5911	5534	5543	-	-

Сетка с уровнем Level=6 обеспечивает снижение погрешности по первой форме до 0,9% и по четвёртой форме до 0,2%. Дальнейшее увеличение плотности сетки нецелесообразно, так как существенно увеличивается время расчёта при незначительной коррекции собственных частот и форм колебаний.

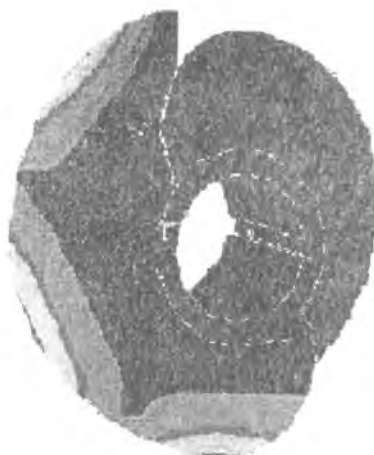
Дальнейшее развитие исследований предполагает использование разработанной конечно-элементной модели шнека и моделирование структуры потока жидкости при вращении шнека с заданной скоростью и расходом рабочей среды через него.



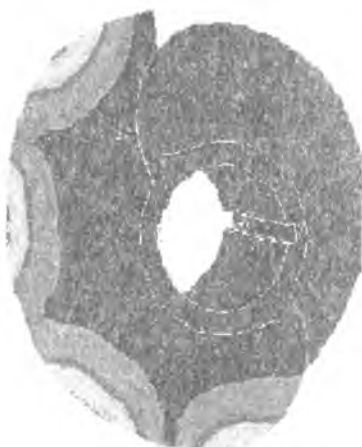
$f=3753 \text{ Гц}$



$f=4280 \text{ Гц}$



$f=4822 \text{ Гц}$



$f=5534 \text{ Гц}$

Рис.2. Собственные формы колебаний шнека

1. Ивашин А.Ю., Крючков А.Н., Прокофьев А.Б. Влияние скрытых кавитационных процессов на колебания элементов топливного насоса авиационного ГТД // Вестник СГАУ. Серия: Проблемы и перспективы развития двигателестроения. Вып.3.4.2 – Самара, 1999. – С. 148-153.
2. Крючков А.Н., Прокофьев А.Б., Шахматов Е.В. Влияние скрытых кавитационных процессов на работу двойного топливного насоса газотурбинной энергетической установки // Сборник научных трудов НГМА. Вып.4 – Новороссийск, 1999. – С. 11-12.
3. Пилипенко В.В., Задонцев В.А., Натанзон М.С. Кавитационные автоколебания и динамика гидросистем. М.: Машиностроение, 1977.
4. Чебаевский В.Ф., Петров В.И. Кавитационные характеристики высокооборотных шнекоцентробежных насосов. М.: Машиностроение, 1973.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS

Прокофьев А.Б.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

В последнее время все большее распространение получают вычислительные системы, основанные на методе конечных элементов (МКЭ). В частности, на ряде российских предприятий и в подразделениях научно-исследовательских институтов активно используется программный комплекс ANSYS, предоставляющий обширные расчетные возможности, в том числе анализ динамических процессов в системах. Целью данной работы является анализ возможности использования указанного программного комплекса при расчетах пульсационных процессов в трубопроводных системах.

Пульсационные процессы в трубопроводных системах моделируются в ANSYS 5.5 с помощью акустического анализа. Акустический анализ, доступный в ANSYS/Multiphysics и ANSYS/Mechanical, обычно включает моделирование процессов в жидкой среде и окружающей её конструкции (в рассматриваемом случае – в трубопроводе). Результаты расчета представляют собой распределение амплитуд и фаз колебаний