

с ДЧВ, на режиме «максимальный», пропускать через полосовой фильтр 60 – 80 Гц (оба сигнала с ДЧВ на этом режиме имеют среднее значение частоты ~ 70 Гц). Выделенный квазигармонический процесс обрабатывался программой «Частота узкополосного процесса» [5]. При этом формировался массив данных текущего значения частоты сигнала оборотов. Далее проводился расчёт интересующих параметров. На основе статистики 16 изделий с различным уровнем износа получены следующие аналитические соотношения связи уровней диагностических параметров от величины износа:

- для СКО $y = 8.587x + 0.047$. Коэффициент корреляции $r=0.80$;
- для $v_u = 0.123x$, $r=0.80$;
- для эксцесса $y = 46.61x + 2.676$, $r=0.87$.

Таким образом, анализ сигналов с датчиков оборотом вращения ротора ТК и вала заднего винта позволил:

- установить факт наличия крутильных колебаний ротора ТК на составляющей с кратностью 19.145, вызывающей резонанс лопаток и дисков ТК;
- получить комплекс диагностических параметров износа зубьев шестерён редуктора на базе характеристик частоты вращения вала заднего винта, что позволяет диагностировать техническое состояние

редуктора без проведения препарирования двигателя дополнительными датчиками.

Библиографический список

4. Елисеев, Ю. С. Производство зубчатых колёс газотурбинных двигателей [Текст] / Ю. С. Елисеев, В. В. Крымов, И. П. Нежурин и др: под ред. Ю. С. Елисеева. – М.: Высш. шк., 2001.-493с.
5. Чуйко, В. М. Ивченко – стратег, организатор, учёный, конструктор [Текст] / В. М. Чуйко // Конверсия в машиностроении. – 2004. - № 4. – С.103-106.
6. Курушин, М. И. Экспериментальные исследования причин возбуждения колебаний элементов турбовинтового двигателя с дифференциальным редуктором [Текст]/М. И. Курушин, В. Б. Балякин, А. М. Курушин // Известия Самарского центра РАН. 2014. Т.16. № 4. С.132-136.
7. Шевяков, А. А. Автоматика авиационных и ракетных силовых установок [Текст] / А. А. Шевяков. – М.: Машиностроение. – 1970. – 660с.
8. Сундуков, А. Е. Оценка ширины дискретных составляющих спектра энергетических машин [Текст]/А. Е. Сундуков, Е. В., Сундуков, А. В. Бит-Зая, А. Д. Росляков А. Д. //Проблемы железнодорожного транспорта на современном этапе развития. Вестник СНЦ РАН. 2006.С. 194-197.

УДК 629.7.036

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОХЛАЖДАЕМЫХ ТУРБИН

©2018 Е.К. Рябов

ОКБ имени А. Льюльки, г. Москва

AUTOMATED SYSTEM FOR GAS DYNAMIC DESIGNING OF COOLED TURBINES

Ryabov E.K. (Lyulka EDB, Moscow, Russian Federation)

The proposed system is aimed at improvement of the design system and should become the starting link in the integrated technology being created right now and intended for designing turbines on the basis of 1-2-3D level models. The system enables the optimal gas dynamic project of a turbine to be obtained sooner with meeting principal requirements concerning its design, cooling and MIT. Using the system in the earliest phases of thermodynamic engine coordination allows non-promising project versions to be cut off.

В разработанной интегрированной системе газодинамического проектирования охлаждаемых турбин создан и успешно экс-

плуатируется комплекс **1D** и **2D** проектных и поверочных программ. **1D** венец определяется средним профилем, а **2D** поток разделя-

ется на ряд микро-венцов, для каждого из которых программно синтезируется профильная решётка.

При запуске системы открывается главная панель, которая определяет характер задач, решаемых в данный момент на компьютере. По дереву проектов пользователь выбирает шифр изделия и уточняет название узла, с которым он будет работать.

Одним из главных принципов системы является сохранение состояния при выходе из неё в предыдущем сеансе. Поэтому при включении пользователь не повторяет все установки, а фактически продолжает работу.

Далее называется дисциплина, по которой будет работать проектировщик. Для турбины это: **Aero, Cooling, Design** и **MIT**.

Раскрывая вершины дерева проектов, пользователь может перемещаться по элементам турбины вплоть до характерных сечений отдельных деталей. На каждом уровне дерева ему предлагается свой перечень проектных процедур, которые можно запускать для изменения параметров проекта.

Каждая проектная процедура решает значимую задачу, возникающую в практике проектирования. Принципиально важно, что любая из них содержит не более 10-15 параметров, что облегчает анализ результата и принятие решения по оптимизации конструкции на следующей итерации. В сочетании с принципом вычисления параметров по умолчанию это значительно снижает напряжение проектировщика при работе.

Другим важнейшим принципом системы является практически полная независимость процедур друг от друга по времени выполнения. Например, можно повторно запустить оптимизацию проточной части после того, как часть лопаточных венцов была уже спроектирована. Система сама учтёт ограничения, возникшие на более низких стадиях проектирования. Это соответствует практике, когда проектные ситуации часто не поддаются ранжированию по времени, а возникают под воздействием внешних причин.

По заданным параметрам потока на входе и суммарной степени расширения система строит меридианные обводы, близкие к оптимальным. В дальнейшем их можно редактировать. Этот элемент один из самых

динамичных в процессе проектирования, когда происходят уточнения венцов при профилировании, конструировании и компоновке. На практике это требует весьма кропотливой работы, особенно при конусных или криволинейных образующих, а мелкие неточности в перекрышах, оставленные без внимания, могут привести к большим потерям эффективности.

В проектных 1-2D расчётах при оптимизации турбины основными варьируемыми параметрами являются приведённые скорости λ_{1is} и λ_{w2is} . Изменением этих скоростей достигаются различные величины N_{st}^* , ρ_{av} и π_{st}^* .

После оптимизации распределения эффективных углов решёток по высоте система может построить приемлемый вариант лопатки. Сочетание принципа целесообразного выбора всех параметров и возможности задания любого из них является главной особенностью системы. Заданное значение любого параметра обеспечивается точно и сохраняется вплоть до отмены задания.

Пространственное профилирование включает в себя построение развёрток кольцевых решёток на плоскости, перенос их на поверхности тока и расчёт трёхмерных координат обводов. Цилиндрические и конические поверхности тока разворачиваются на плоскость без искажения.

В системе реализован специальный модуль, позволяющий автоматически получить твёрдотельную модель пера лопатки в системе **Unigraphics**. Благодаря этому профильная поверхность модели точно соответствует газодинамической, а основные контуры внутренней полости помогают конструктору быстро завершить проработку системы охлаждения лопатки.

Расчёт характеристики проводится для среднемаховых параметров по **1D** модели. Благодаря её высокому быстродействию удаётся за приемлемое время получить обширную матрицу данных при изменении режимов работы турбины по степени расширения π^* и оборотам n . Полученная электронная модель проточной части позволяет запускать любую систему 3D инженерного анализа.

Программный комплекс был использован при проектировании и анализе работы

многих турбин разного назначения. Среди них авиационные двигатели и энергетические установки семейств НК (37, 38, 93 и др.) и АЛ (31СТЭ, 55И), стационарных ГТУ фирм АББ (GT-10B, 8C2, 11N2 и др.), Сименс (SGT – 300, 600, 750 и др.) и турбо-

нагнетатели фирмы Turbo Systems (TX20 и др.).

Система вводится в опытную эксплуатацию в ОКБ им. А. Люльки. Диапазоны параметров спроектированных турбин: $G_T = 0,2 \dots 750$ кг/с; $T^*_T = 300 \dots 2050$ К; $n_{\text{физ}} = 3000 \dots 64000$ об/мин; $\pi^*_{\text{ст}} = 1,2 \dots 3,7$.

УДК 378.14

ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

©2018 Ю.В. Гатен

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

ENGINEERING-PSYCHOLOGICAL COMPETENCE OF TECHNICAL PROFILE SPECIALISTS

Gaten Ju.V. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The article is devoted to the problem of professional training of technical specialists. The author analyzes in detail and reveals the content of the main structural components of engineering and psychological competence: cognitive, communicative, managerial, reflexive, motivational and professional psychological.

Под инженерно-психологической компетенцией специалиста технического профиля мы понимаем способность применять психологические знания, умения и навыки в разнообразных видах практической деятельности (проектно-конструкторской, научно-исследовательской, производственно-технологической, организационно-управленческой, экспериментальной, технико-эксплуатационной) в целях создания конкурентоспособной техники [1].

Основываясь на анализе ФГОС ВО третьего поколения по инженерно-техническим специальностям, мы определили следующие компоненты инженерно-психологической компетентности:

1) *когнитивный компонент*, включает совокупность научных знаний по различным отраслям психологии, необходимых для успешной инженерной деятельности;

2) *коммуникативный компонент*, представляет собой взаимосвязанные группы:

- собственно речевых умений (свободное владение деловой письменной и устной речью на русском языке, навыками публичной и научной речи, умением создавать тексты профессионального назначения, анализировать логику рассуждений и

высказываний, владение одним из иностранных языков);

- перцептивных умений (умение слушать и слышать, правильно интерпретировать вербальную и невербальную информацию и т.д.);

- интерактивных умений (способность к эффективному социальному взаимодействию и сотрудничеству в коллективе, способность к работе в команде, владение методами конструктивного разрешения конфликтных ситуаций);

3) *управленческий компонент* – знания в области психологических закономерностей управленческой деятельности, готовность выполнять функции руководителя подразделения, лидера группы работников, планировать и организовывать работу малых коллективов исполнителей, принимать решения в ситуациях риска;

4) *рефлексивный компонент* - осознание себя как субъекта профессиональной инженерной деятельности, понимание социальной значимости своей профессии;

5) *мотивационный компонент* включает установки на использование психологических знаний и умений в инженерной практике; направленность на решение задач, связанных с проблемами инженерно-