

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПРИМЕРЕ ЛОПАТОЧНЫХ ДИСКОВ ГТД

Для обеспечения выпуска конкурентоспособных двигателей предприятия авиационной промышленности внедряют систему менеджмента качества. При этом реализация требований заказчика к авиадвигателям на всех этапах жизненного цикла обеспечивается процессным подходом по ДСТУ ISO 9000, когда выход предыдущего процесса является входом для последующего (рис. 1).

Каждый процесс преобразует входной поток в выходной. Так, после конструкторской подготовки потребительские характеристики (требования) преобразуются в рабочие чертежи деталей и сборочные чертежи. После технологической подготовки требования чертежей к точности размеров, формы и расположения поверхностей, шероховатости, качеству поверхностного слоя преобразуются в маршрут обработки и режимы резания на соответствующем оборудовании. Процесс производства преобразует заготовку в деталь на выбранном оборудовании и назначенными режимами резания. Таким образом, деталь изготавливается в соответствии с требованиями чертежа и для предназначенных условий эксплуатации.

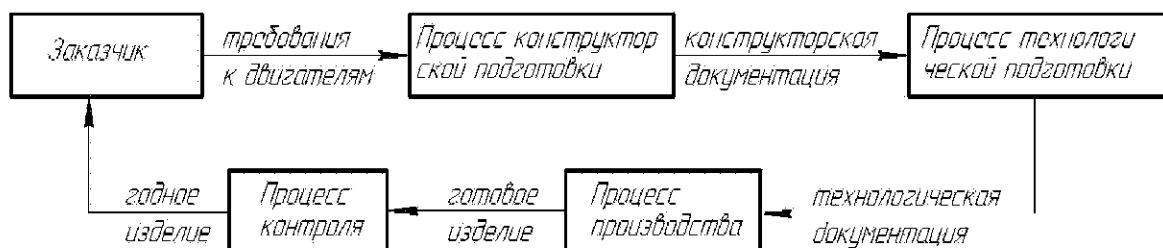


Рис. 1. Процессный подход при изготовлении продукции

Такой подход позволяет на каждом этапе жизненного цикла выполнять требования внешнего заказчика с использованием технических параметров, характерных для выполняемого процесса.

Реализация процессного подхода и преобразование входных потоков в выходные возможно благодаря использованию развертывания функции качества QFD (Quality Function Deployment) [1]. Основа QFD – построение так называемой фигурной матрицы, названной в соответствии со своей формой «Дом качества», в рамках которой фиксируется информация о качестве продукта и принимаемых решениях.

Центральная часть матрицы – это таблица, столбцы которой соответствуют техническим характеристикам, а строки потребительским. В клетках, образуемых пересечением строк и столбцов, отмечается корреляционная зависимость, если она есть. Верхнюю часть («крышу») представляют данные о существовании (+) зависимости между техническими характеристиками.

На рисунке 2 показан «Дом качества» для преобразования требований заказчика в рабочий чертеж деталей газотурбинных двигателей (ГТД) на этапе конструкторской подготовки.

При создании рабочих чертежей конструктор указывает материал детали, твердость, геометрические размеры, допуски на размер, форму и взаимное расположение поверхностей, шероховатость. Этих характеристик достаточно для большинства деталей машин. Но для деталей авиационных двигателей, как показал анализ литературных источников, в технических требованиях необходимо указать такие характеристики как глубина и величина наклепа, величина и вид остаточных напряжений. Это связано с тем, что несущую способность ответственных деталей ГТД, таких как валы, диски, лопатки, эксплуатируемых в условиях циклических нагрузок, характеризует сопротивление усталости (предел выносливости). Схема на рис. 3 показывает параметры и факторы, которыми можно управлять и контролировать на этапе изготовления детали. Их оптимальные значения могут обеспечить высокие показатели сопротивления усталости.

Требования	Технические характеристики										
	Материал	Формат	Размер	Точность			Шероховатость	Твердость	Наклеп	Остаточные напряжения	
Несущая способность	1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1
Σ	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1

Рис. 2. Матрица взаимосвязи между требованиями заказчика и конструкторской подготовкой

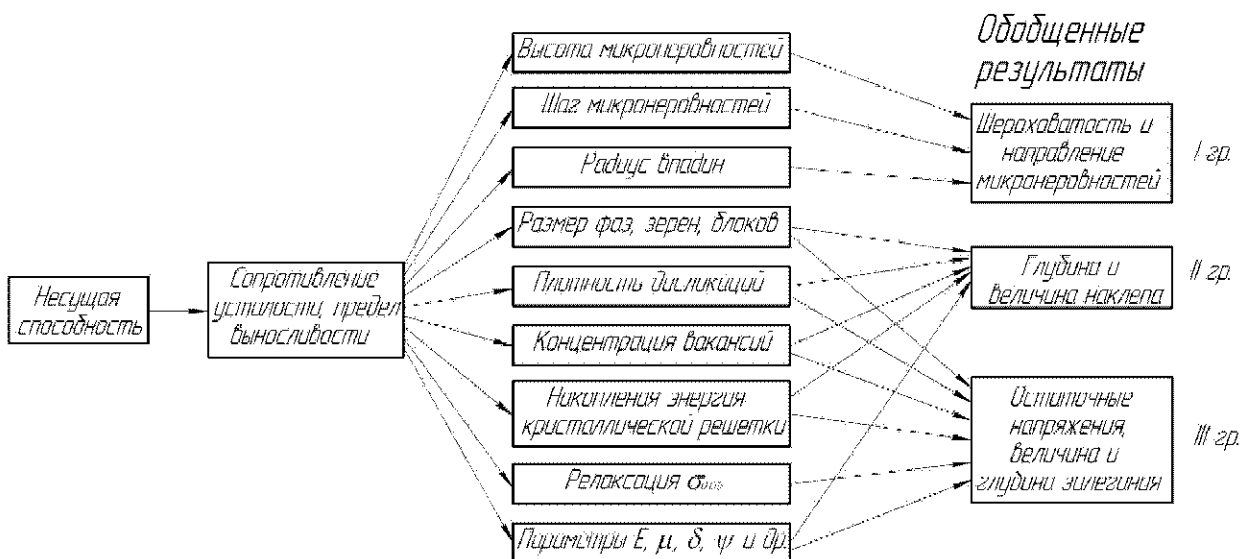


Рис. 3. Факторы, влияющие на несущую способность деталей ГТД

Лопаточные диски турбин и компрессоров ГТД имеют по ободной части пазы – «елочные» и «ласточкин хвост», которые являются зоной высокой концентрации напряжений и, соответственно, зоной наиболее вероятной повреждаемости дисков. В связи с этим, неблагоприятное напряженное состояние поверхностного слоя пазов и межпазовых выступов (МПВ), полученное на финишном этапе их изготовления, сокращает срок службы диска в целом.

Для обеспечения несущей способности (рис. 2) все технические характеристики значимы (суммарная корреляция S равна 1). Так как в чертеже реализуются условия эксплуатации, то все указанные значения величин формы, размеров и технические условия должны быть обоснованы.

Такой подход позволяет сосредоточить производственные ресурсы на наиболее важных направлениях при обеспечении высокой несущей способности дисков газотурбинных двигателей, т. к. параметры шероховатости, наклепа, остаточные напряжения можно контролировать, а требуемые их значения получать за счет управления технологическим процессом.

Для дисков ГТД такие технические параметры как материал изделия, его размеры, форма, шероховатость поверхности, твердость на основании расчетов и экспериментальных данных определены, но для каждого типоразмера и материала дисков требуют особого внимания, например, такие вопросы (заштрихованные области на рис. 2), как:

- 1) если скругление острых кромок пазов и МПВ радиусом скругления не технологично, и его при обработке заменяют фаской, то насколько равнозначна эта замена с точки зрения обеспечения несущей способности диска;
- 2) какая величина радиуса скругления (или фаски) является оптимальной;
- 3) какая величина остаточных напряжений и глубина наклепанного слоя будут оптимальными для элементов межпазового выступа.

На рисунке 4 показан «Дом качества» на этапе преобразования технических характеристик конструкторской подготовки в технические характеристики технологической подготовки при изготовлении деталей ГТД.

Разрабатываемый технологический процесс должен обеспечивать как точность детали в соответствии с требованиями чертежа, так и производительность обработки. На основании результатов, приведенных в матрице (рис. 4), наиболее значимыми при обработке диска, формообразовании пазов и финишных операций, в частности, являются инструмент (суммарная корреляция Σ равна +1), средства измерения ($\Sigma = +1$) и режимы обработки ($\Sigma = +0,68$).

Технические характеристики		Оборудование	Инструмент	Режимы обработки	Оснастка	Средства измерения
Требования	Ранж					
Материал	0,36					+1
Форма	0,24					
Размер	0,06	+1	+1		+1	+1
Точность	размера	0,04	+1	+1	+1	+1
	формы	0,01	+1	+1		+1
	располож.	0,01	+1	+1		+1
Шероховатость	0,02	+1				+1
Наклеп	0,18					+1
Ост. напряжения	0,02					+1
Твердость	0,36		+1	+1		+1
	Σ	+0,38	+1	+0,68	+0,36	+1

Рис. 4. Матрица взаимосвязи между конструкторской и технологической подготовкой

В связи с этим при технологической подготовке обработки ободной части дисков турбины и компрессора ГТД прежде всего требуют решения следующие вопросы (заштрихованные области на рис. 4):

- выбор инструментов, оборудования, режимов обработки для получения требуемой формы паза и его мелко-размерных элементов;
- поиск средств измерения для проверки соответствия формы геометрических элементов паза чертежу;
- выбор инструментов, оборудования, режимов обработки для получения требуемых величин шероховатости, наклепа, остаточных напряжений на поверхностях пазов и межпазовых выступов.

Таким образом, с помощью процессного подхода была определена очередность постановки проблем по значимости для дисков ГТД – решение этих вопросов обеспечит точность и качество поверхностей, формирование благоприятных свойств поверхностного слоя наиболее нагруженных конструктивных элементов дисков и выполнение требований заказчика в целом.

Список литературы

1. Лапидус В. А. Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях / В. А. Лапидус. – М. : ОАО «Типография «Новости», 2000. – 432 с.

Одержано 22.11.2012

© Канд. техн. наук Н. В. Гончар

Национальный технический университет, г. Запорожье

Gonchar N. Application of process approach to quality management system as an example of blade gasturbine engines disks
