

для ПЭВМ сборника задач по совершенствованию технических систем для комплексного обучения поисковым инструментам теории решения изобретательских задач, и, в частности, АРИЗ.

Для становления курсов, связанных с изучением принципов инженерного творчества, включающих в себя изложение общинженерных знаний, теорию и практику решения инженерно-изобретательских задач, требуются наборы заданий из различных областей науки и техники.

При обучении студентов инженерных специальностей помимо задач общего профиля требуются задания, учитывающие конкретные проблемы той отрасли машиностроения или приборостроения, для которой осуществляется подготовка специалистов.

В Гомельском политехническом институте разработана база задач из различных областей науки и техники с учетом особенностей технологии производства. Обучающая система дополнена 150 задачами, которые отражают реальные технические противоречия, встречающиеся при совершенствовании систем. Программа выполнена в виде задачника. Пользовательский интерфейс программы написан на объектно-ориентированной системе "Super Vision", поэтому качество оформления программы не уступает фирменным программам. На данный момент программа полностью поддерживает просмотр и работу с базой данных. Преподаватель может сам вводить и новые задачи в программу. Разработанная база задач используется в курсовом проектировании по курсам "Методы совершенствования технических систем", "Принципы инженерного творчества, а также на лабораторно-практических занятиях по теории решения изобретательских задач.

Результаты работы носят практический характер и являются базой для создания эффективной технологии совершенствования технических систем на основе решения инженерно-изобретательских задач, которая:

- не требует длительного обучения и может быть использована для разработки учебных программ вузов и институтов повышения квалификации;

- позволяет разрабатывать компьютерные приложения, поддерживающие процесс решения инженерно-изобретательских задач;

- конкурентоспособна по сравнению с традиционными методами совершенствования технических систем;

- существенно повышает качество технических решений, принимаемых инженером, конструктором, исследователем за счет повышения их творческого потенциала.

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА

Громыко О.В., Ткачев В.М., Столяров А.И.

Использование традиционных средств измерения крутящих моментов на валах (например, гензорезисторов) вызывает определенные затрудне-

ния. Необходимость существенного изменения исследуемой конструкции, наличие повышенных вибраций и запыленности, повышенные требования к жесткости упругого элемента измерителя, поскольку пусковой момент значительно превышает измеряемый, и, следовательно, достаточная чувствительность для обеспечения требуемой точности измерения - основные трудности при измерении крутящих моментов.

Разработка устройств для измерения больших значений крутящего момента усугубляется проблемой их градуировки. В общепринятой практике тарировка ротационных динамометров проводится путем создания фиксированных значений крутящего момента с помощью рычажных нагружающих устройств.

Предложена конструкция упругого элемента, выполненного в виде полого цилиндра с двумя рядами отфрезерованных пазов, повернутых под углом 45 градусов к образующей цилиндра и расположенных шевронно. Под действием крутящего момента на упругий элемент среднее сечение получает осевое смещение, а торцевые сечения при этом остаются неподвижными. Индуктивный датчик перемещений фиксирует осевое смещение среднего сечения.

Использование описанного датчика моментов позволяет значительно упростить процесс градуировки упругого элемента. Поскольку пазы на упругом элементе выполнены под углом 45 градусов к образующей цилиндра, то осевое смещение среднего сечения, достигаемое при приложении крутящего момента может быть достигнуто и при осевом сжатии путем приложения эквивалентного сжимающего усилия.

Крутящий момент $M_{кр}$, приложенный к торцевому сечению упругого элемента, равен сумме моментов сил F , приложенных к каждой пластине

$$M_{кр} = n \cdot F \cdot R_n, \quad (1)$$

где n - число пластин упругого элемента,

F - окружная сила приложенная к элементу, равная разложению силы F_0 , проходящей на каждую пластину,

R_n - радиус цилиндрической поверхности упругого элемента, проходящей через нейтральные линии пластин, изгибаемых под действием крутящего момента.

Окружная сила F связана с осевой силой F_0 соотношением

$$F = F_0 \cdot \operatorname{tg} \alpha / n, \quad (2)$$

где α - угол наклона пластин по отношению к образующей цилиндрической поверхности упругого элемента.

Соотношение (1) с учетом выражения (2) примет вид:

$$M_{кр} = F_0 R_n \operatorname{tg} \alpha.$$

При малых значениях прогибов пластин, типичных для диапазона измерений датчика, деформациями пластин под действием продольной силы F_n можно пренебречь по сравнению с деформациями изгиба под действием моментов сил F , поэтому обеспечивается возможность построения градуировочной характеристики упругого элемента датчика в

виде зависимости "крутящий момент - взаимное угловое перемещение торцев".

Таким образом, использование градуировочных устройств отпадает. Для этого достаточно использовать обычный гидравлический или винтовой пресс, установив последовательно с градулируемым датчиком обычный динамометр сжатия, например ДОСМ-3, проверка которых не вызывает трудностей.

Точный прочностной расчет упругого элемента на требуемое значение крутящего момента представляет собой довольно трудоемкую задачу. Рабочие пластины испытывают одновременно деформации растяжения-сжатия, кручения и изгиба, т.е. находятся в сложном напряженном состоянии. Для расчета был использован метод конечных элементов.

Проведено также исследование оптимальных геометрических параметров датчика. Упругий элемент рассчитан на номинальный момент $1кНм$. Расчетные перемещения при номинальном моменте составили $0,658$ мм. Оптимизация упругого элемента проводилась с целью получения максимальной чувствительности. Была проведена оптимизация в двух вариантах: по максимуму чувствительности и по минимуму объема.

В качестве ограничения было выбрано напряжение $[\sigma]=500$ МПа. Из конструктивных соображений переменным выбран внутренний радиус. Максимальные перемещения при оптимизации по максимуму чувствительности составили $1,09$ мм, (увеличение на 65% по сравнению с базовым вариантом), а при расчете по минимуму объема - $1,22$ мм (увеличение на 85%).

В докладе обсуждается методика оптимального конструирования и численного исследования напряженно-деформированного состояния упругих элементов измерителей крутящего момента.

ОПТИМИЗАЦИЯ НАПРЯЖЕННО - ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕССОВАННЫХ ТОРМОЗНЫХ ДИСКОВ

Громыко О.В., Ткачев В.М., Столяров А.И.

Во фрикционных композитах в качестве основного наполнителя, как правило, использовался асбест, относящийся к канцерогенным веществам и запрещенный в странах Запада к применению. В последние годы в ИММС им. В.А.Белого АНБ разработан ряд полимерных композиций фрикционного назначения, используемых при производстве путем прессования безасбестовых изделий для транспортных машин и технологического оборудования. В качестве наполнителей и структурных модификаторов разрабатываемых композитов используются продукты, имеющие значительные сырьевые ресурсы в Беларуси.

Один из таких материалов разработан для производства тормозных дисков к изделиям Минского тракторного завода. Тормозной диск по-