

УДК 539.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧИМЫХ ПАРАМЕТРОВ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТА

Н.А. Ткачук

Национальный технический университет "ХПИ", Харьков, Украина

The experimental method for determination of significant parameters of numerical models of the mechanical systems elements is described. Determination of the main parameters set is carried out after experimental research by speckle-holography method.

При определении напряженно-деформированного состояния элементов сложных механических систем одним из наиболее важных вопросов является получение их достоверных, полных и точных численных моделей. Основные аспекты данной проблемы состоят в получении описания моделируемого физического процесса в механической системе с заданной точностью, причем следующим уровнем проблемы является компромиссная задача ограничения уровня сложности полученной модели.

Естественно, что упрощение структуры модели отрицательно может сказаться на точности получаемых результатов. То же касается и количества параметров, описывающих модель, а также их величины. Однако, с другой стороны, чрезмерно усложненная модель тоже имеет отрицательные стороны: громоздкость, сложность вычленения зависимостей результатов от варьируемых параметров, а также неизбежные погрешности при численном решении и большие требования к вычислительным ресурсам.

Одним из направлений приемлемого решения проблемы – определение множества значимых параметров, оказывающих наиболее существенное влияние на реальный физический объект и его численную модель. Это может быть достигнуто в рамках расчетно-экспериментальных методов. В частности, одной из перспективных схем является применение метода, соединяющего преимущества метода конечных элементов (МКЭ) и метода спекл-голографической интерферометрии [1,2].

Задача определения значимых параметров тесно связана со сравнением физических процессов в реальном объекте и его численной модели. При этом при переходе от реального объекта к численной модели необходимо исходить из его математической модели. В частности, при определении напряженно-деформированного состояния элементов сложных механических систем наиболее важными являются вопросы достоверного описания операторов начально-краевой задачи L , силовых l_f и кинематических l_u граничных условий:

$$L(x, t, p, u) = 0, \quad x \in \Omega, \quad (1)$$

где x - координаты точек исследуемого тела, занимающего в пространстве область Ω ;

t - время;

u - массив параметров состояния объекта;

p - массив характеристик свойств объекта;

$$l_f(x, u) = f, \quad x \in S_f, \quad (2)$$

где f - массив соответствующих нагрузок;

S_f - часть поверхности тела, через которую осуществляется приложение нагрузок;

$$l_u(x, u) \geq \mu, \quad x \in S_u, \quad (3)$$

где μ - некоторая задаваемая функция, характеризующая закон распределения и параметры граничных условий.

В частности, важными вопросами являются: определение типа оператора (1) (зависит от типа исследуемого объекта – пластина, пластинчато-стержневая конструкция, оболочка и т.д., а также условий его работы); определение характеристик оператора L (физико-механические характеристики материала и т.п.); уточнение величины и законов распределения в пространстве и времени усилий нагружения элементов исследуемой механической системы; определение характеристик граничных условий. При исследовании напряженно-деформированного состояния реальных машиностроительных конструкций все указанные характеристики и параметры, которые определяют вид численной модели, трансформируются во вполне конкретные физические детали и величины: усилия затяжки болтов, характер термообработки, распределение первоначального зазора, качество обработки поверхности и т.д. Таким образом, варьированию структуры и параметров операторов (1)-(3) соответствует изменение состава, взаиморасположения, формы и характеристик сопряжения различных деталей физического объекта.

Очень большое значение имеет также степень подробности, с которой описывается геометрическая форма исследуемого объекта.

В частности, при исследовании напряженно-деформированного состояния пресс-форм для оснащения термопластавтоматов существенными параметрами являются: усилие замыкания пресс-формы; внутреннее давление расплавленной пластмассы в формующей полости полуматриц пресс-формы, а также усилие затяжки наклонных винтов, поджимающих боковые грани полуматриц. Кроме того, определенное влияние на напряженно-деформированное состояние элементов пресс-форм может оказывать наличие, размеры, схема расстановки промежуточных опор под нижней полуматрицей и величина зазора (натяга) в сопряжении опоры-полуматрица.

Для определения влияния указанных параметров необходимо разработать схему проведения расчетно-экспериментальных исследований, дающую минимальный, достаточный или избыточный объем информации о поведении исследуемого объекта.

Для количественной оценки соответствия результатов численных и экспериментальных исследований необходимо: ввести в рассмотрение некоторый функционал I_s соответствия результатов, оценить зависимость последнего от параметров исследуемой системы и вычлнить набор наиболее значимых параметров.

Первичный этап проведения исследований напряженно-деформированного состояния элементов пресс-формы как сложной механической системы проиллюстрирован на рис. 1-5 фрагментами интерферограмм поверхностей пресс-формы при некоторых вариантах сочетаний параметров.

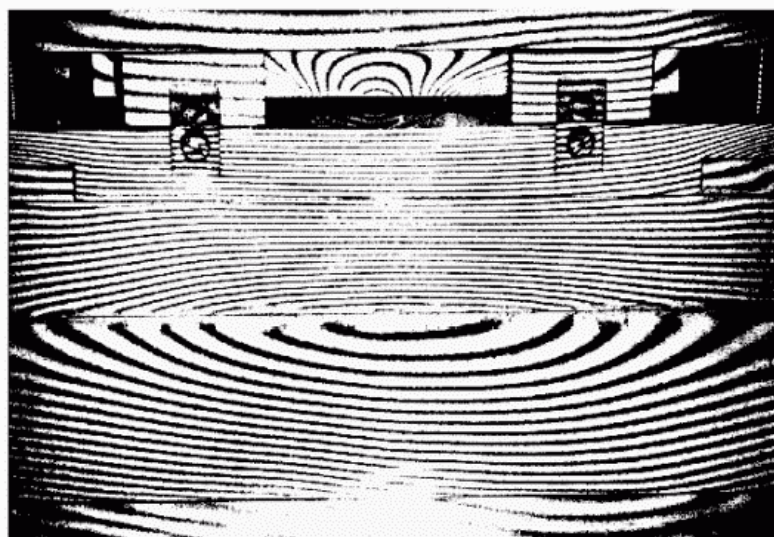


Рис. 1. Фрагмент спекл-интерферограммы блока пресс-формы

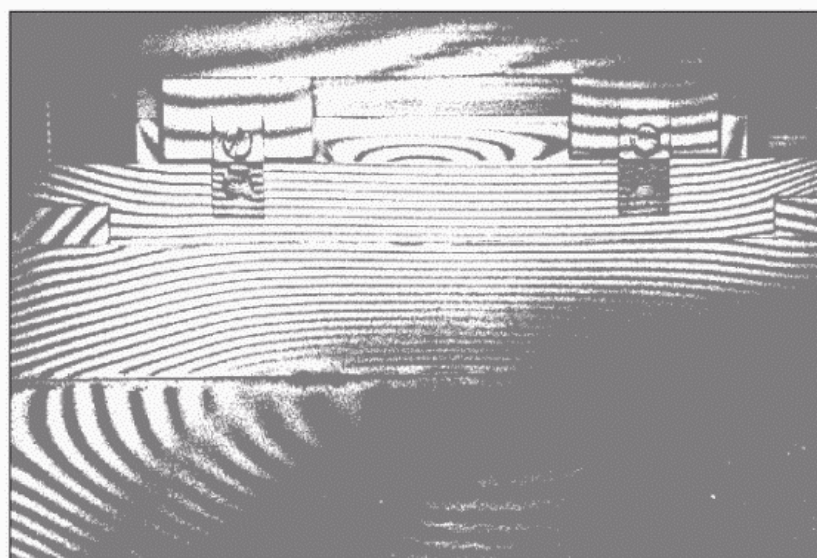


Рис. 2. Фрагмент спекл-интерферограммы блока пресс-формы

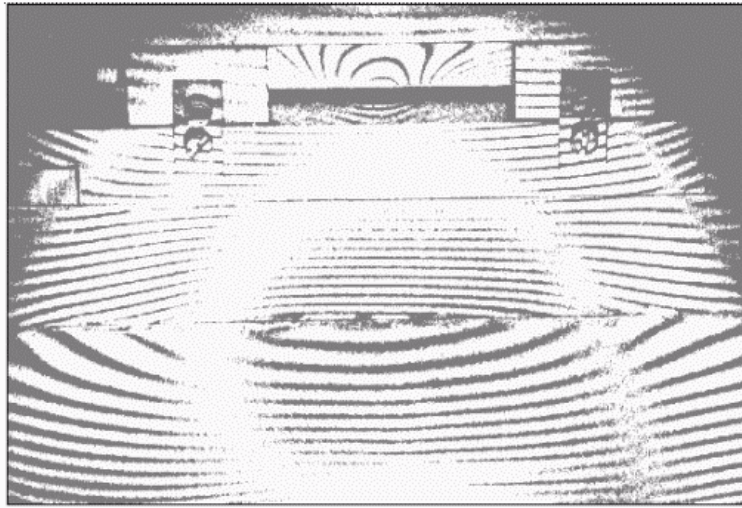


Рис. 3. Фрагмент спекл-интерферограммы блока пресс-формы

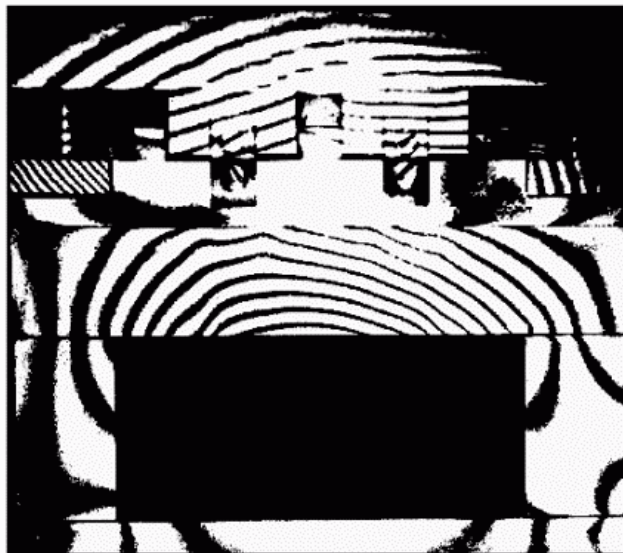


Рис. 4. Фрагмент спекл-интерферограммы пресс-формы



Рис. 5. Фрагмент спекл-интерферограммы блока пресс-формы

Приведенные на рис. 1-5 картины отвечают соответственно случаям: 1) перепад усилия смыкания 250-330 кН при внутреннем давлении в полости 2,5 МПа, винты касаются полуматрицы, опоры отсутствуют; 2) перепад усилия смыкания 250-330 кН при внутреннем давлении в полости 2,5 МПа, винты отсутствуют, опоры отсутствуют; 3,4) перепад усилия смыкания 250-330 кН при внутреннем давлении в полости 2,5 МПа, винты не касаются полуматрицы, опоры отсутствуют; 5) перепад усилия смыкания 1000-875 кН при внутреннем давлении в полости 9,8 МПа, винты затянуты, установлены 2 опоры с натягом 0,29 мм.

Дальнейшими шагами расчетно-экспериментального исследования являются: расшифровка спекл-интерферограмм, сравнение с численными результатами, корректировка модели, повторное сравнение, и т.д. с различным набором параметров. Окончательным результатом процедуры является достоверная численная модель с набором значимых параметров. Приведенная схема в каждом конкретном случае нуждается в конкретизации функционала соответствия результатов численных и экспериментальных результатов, что представляется отдельной сложной задачей.

Литература

1. Ткачук Н.А. Интенсивная схема экспериментальных исследований элементов технологических систем, Динамика и прочность машин, 1998, вып. 56, с. 175-181. 2. Капустин А.А. Количественная оценка голографических интерферограмм с помощью спекл-интерферометрии в прочностных исследованиях. – В кн.: Оптико-когерентные информационно-измерительные системы. – Харьков: ХАИ, 1977, с. 149-154.

Поступила в редколлегию 16.09.2001

УДК 625.2.012.3

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАГРЕВА ВАГОННОГО КОЛЕСА ПРИ СБОРКЕ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ

А.В.Щепкин

Национальный технический университет "ХПИ", Харьков, Украина

On the basis of the available experimental data the systematic numerical research of one piece rolled railroad car wheel were made using technological heating by induction-heating devices which allowed the establishment of the laws of the stress-strain state of the wheel set elements, during its thermal assembly.

Тепловой метод формирования колесных пар рельсового транспорта обладает рядом преимуществ по сравнению с прессовым [1]: обеспечивает большую