

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
РЕМНЕЙ ЗАЖИМНОГО МЕХАНИЗМА ТРЕПАЛЬНЫХ МАШИН**

**SOFTWARE TO STUDY THE STRESS-STRAIN STATE
OF THE BELT CLAMPING MECHANISM
OF SCUTCHING MACHINES**

Н.И. КОВАЛЕНКО
N.I. KOVALENKO

(Костромской государственный университет)
(Kostroma State University)
E-mail: info@kstu.edu.ru

В работе приведен алгоритм и программное обеспечение для расшифровки результатов эксперимента, проведенного поляризационно-оптическим методом на модели транспортирующих ремней трепальной машины.

This paper gives an algorithm and software to decrypt the experimental results of polarization-optical method on a model of conveying belts picker.

Ключевые слова: напряжения, участок сопряжения, расчетная сетка.

Keywords: stress, the site of conjugation, the computational grid.

При исследовании напряженно-деформированного состояния моделей элементов конструкций поляризационно-оптическим методом получают большое количество данных, которые используются в дальнейшем для обработки и расчетов. Этот процесс требует больших затрат труда, времени и достаточной точности вычислений. Достижение этих целей невозможно без использования ЭВМ. В нашем исследовании разработан алгоритм расчета и программное обеспечение для обработки данных, полученных в ходе проведения эксперимента поляризационно-оптическим методом исследования напряжений на модели транспортирующих ремней трепальной машины для льна агрегата МТА-2Л [1]. Поляризационно-оптический метод исследования напряжений позволяет непосредственно получить лишь разность главных нормальных напряжений $\sigma_1 - \sigma_2$ (в виде картины полос) и их направления в плоскости модели (картина изостат). Для анализа напряженно-деформированного состояния модели необхо-

димо найти каждое из главных напряжений σ_1 и σ_2 в отдельности.

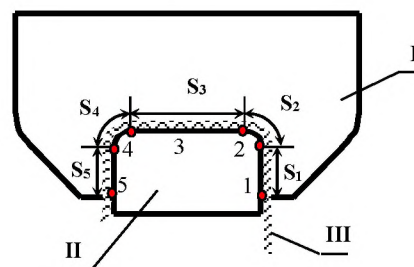


Рис. 1

При решении данной задачи необходимо определить значения напряжений вдоль линии сопряжения транспортирующих ремней (рис. 1 – линия сопряжения ремней агрегата МТА-2Л: 1,5 – вертикальные участки; 3 – горизонтальный; 2,4 – вертикальные участки). Для их определения в какой-либо точке линии сопряжения транспортирующих ремней, согласно существующей методике [2], проводим через эту точку параллельно выбранной оси X или Y

прямую (основное сечение) и по обе стороны от него на равном расстоянии – два параллельных (вспомогательных) сечения. Вдоль вспомогательных сечений определяли касательные напряжения τ_{xy} , а также разности этих напряжений $\Delta\tau_{xy}$ между вспомогательными сечениями одного и того же основного сечения. Величины $\Delta\tau_{xy}^{cp}$ определяли как среднее арифметическое из двух последовательных значений $\Delta\tau_{xy}$. Величину $\Delta\tau_{xy} \frac{\Delta x}{\Delta y}$ брали нарастающим итогом

от точки к точке. Каждое из сечений разделили на несколько интервалов.

Алгоритм расчета позволяет находить напряжения отдельно по участкам линии сопряжения ремней: горизонтальному, вертикальному, радиальному. Для расчета напряжений на горизонтальном участке линии сопряжения ремней было выбрано пять основных сечений, каждое из которых разбито на шесть интервалов. Вертикальный участок линии сопряжения ремней был разбит аналогично на пять основных сечений, каждое из которых разбито на различное число интервалов в зависимости от длины сечения на этом участке. Радиальный участок разбит на три основных сечения, каждое из которых расположено под определенным углом к горизонтальной оси, а именно под углом 30, 45, 60°. Каждое из сечений, как основное, так и вспомогательное, было пронумеровано. Вспомогательное сечение кроме номера имело индекс: штрих или два штриха, относящиеся соответственно к левому или правому сечению на горизонтальном участке, а также к верхнему или нижнему вспомогательному сечению, расположенному на вертикальном участке линии сопряжения ремней. Аналогично для радиального участка. В результате поверхность модели ремней была покрыта сеткой с шагом определенного размера. Выбор шага сетки

осуществлялся исходя из достижения достаточной точности вычислений. Расчет напряжений начали от свободного контура. На свободном контуре только одно главное напряжение. Значит, определив его, постепенно "идем" по сечению к нужной нам точке, лежащей на линии сопряжения ремней, вычисляя в ней σ_x и σ_y . Полученные значения напряжений σ_x и σ_y для модели переводим на натуру. Зная их, можно найти и главные напряжения σ_1 и σ_2 в искомых точках модели.

Описанный выше алгоритм расчета напряженного состояния ремней был реализован в виде системы автоматизированного расчета напряженного состояния (САРНС) на языке Delphi 7.0 в среде Turbo Pascal. Автоматизация всего процесса обработки позволяет сократить затраты времени на расшифровку результатов опытов, уменьшить затраты ручного труда и сократить погрешность расчетов путем исключения человеческого фактора. Исходными данными для запуска процесса расчета являются: геометрические параметры наносимой расчетной сетки; значения величин углов наклона главных напряжений к оси X, измеренные предварительно в характерных точках расчетной сетки; интерференционные картины полос, зафиксированные в виде фотографий и представленные в любом графическом формате, доступном для работы на ПК. Для начала работы САРНС необходимо выбрать из имеющегося файла картин фотографию интерференционных полос любого графического формата размером 904-504 пикселей. При выборе изображения необходимо указать величины, характеризующие условия опыта, при котором было получено данное изображение, а именно: величина давления на верхний ремень и толщина слоя волокна меню "Файл" – пункт "Загрузить рисунок" (рис. 2 – ввод исходных данных картины полос).

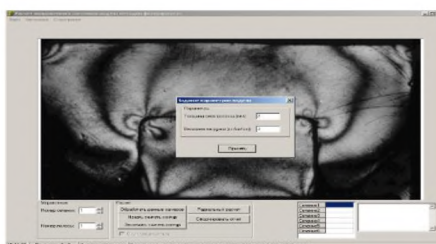


Рис. 2

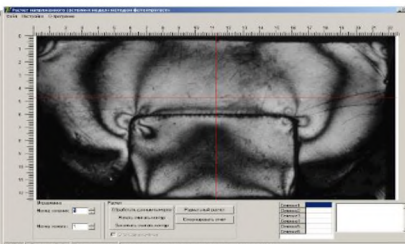


Рис. 3

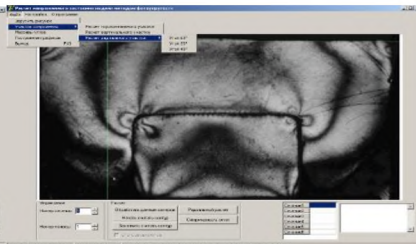


Рис. 4

Затем для начала процесса обработки картины полос необходимо нанести на изображение расчетную сетку, геометрические параметры которой определены заранее, исходя из удобств расчетов и требований определенной точности, и которые остаются неизменными в процессе всех расчетов. Сетка наносится отдельно для каждого из участков линии сопряжения ремней и состоит из главных и вспомогательных сечений. Шаг сетки по всему полю модели ремней следующий: горизонтальный участок сопряжения 4×4 мм; вертикальный участок сопряжения 3×3 мм; радиальный участок сопряжения 4×4 мм. Далее определяется точка привязки расчетной сетки с указанием координаты точки, находящейся одновременно на оси симметрии модели и линии сопряжения верхнего и нижнего ремней (рис. 3). Для этого в программе на изображение модели ремней наносятся горизонтальная и вертикальная линейки. Второй точкой привязки является любая точка, принадлежащая верхнему горизонтальному уровню ремней.

После того как точки привязки расчетной сетки определены, необходимо ввести дополнительные исходные данные. К ним относятся значения величин углов наклона главных напряжений к оси X в необходимых точках сетки, которые рассчитывались предварительно по полю изостат. В программе значения величин углов можно указать, выбрав меню "Файл" пункт "Массивы углов". Данные в массивы углов будут взяты автоматически из соответствующих файлов, содержащих эти значения по каждому отдельному вспомогательному сечению каждого участка сопряжения. После этого необходимо, выбрав соответствующий участок сопряжения, подтвердить выбор нажатием кнопки "Применить". По нажатию этой кнопки САРНС считает данные из файлов и сохранит их во временных массивах, доступных в течение всего сеанса работы САРНС. После закрытия программы эти массивы будут освобождены, и данные значения углов при следующей загрузке САРНС необходимо будет вносить повторно.

После ввода исходных данных можно приступить к процессу непосредственного

расчета напряжений в точках, лежащих на линии сопряжения ремней. Расчет ведется отдельно по каждому участку сопряжения: горизонтальному, вертикальному, радиальному. По горизонтальному и вертикальному участкам расчет ведется по нанесенной геометрической сетке, состоящей из главных и вспомогательных сечений. На радиальном участке расчет проводится по трем независимым одиночным наборам сечений, состоящим из одного главного и двух вспомогательных. Выбрать необходимый расчетный участок можно, воспользовавшись меню "Файл" – "Участок сопряжения". Наглядно это представлено на рис. 4.

После нажатия пункта меню на поверхности изображения ремней будет нанесена расчетная сетка, соответствующая выбранному участку сопряжения. Сетка состоит из главных и вспомогательных сечений. Так как шаг сетки по длине каждого из участков одинаков, вспомогательные сечения соседних основных сечений совпадают.

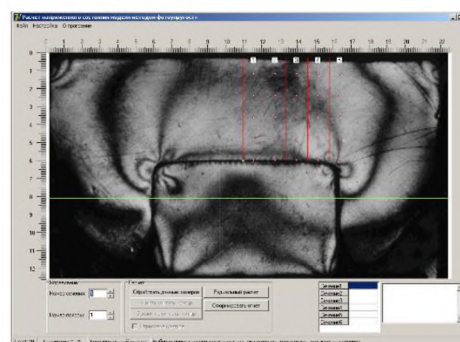


Рис. 5

Вспомогательные сечения пронумерованы в порядке следования слева направо для горизонтального участка и сверху вниз для вертикального и радиального (рис. 5 – нанесение сетки на горизонтальный участок). Так как расчет по описанной выше методике основан на определении значений касательных напряжений в точках, расположенных вдоль линий вспомогательных сечений, которые определяются через полуразности главных напряжений, то требуется найти значения этих напряжений через номер полосы в указанных точках. САРНС позволяет выполнить это автоматически. Для этого необходимо указать точки пере-

сечения соответствующего вспомогательного сечения и полос, изображенных на фотографии. Сделать это можно с помощью "прицела" – перекрестия, перемещающегося по изображению за изменением положения курсора мыши. Номер полосы известен заранее, вспомогательные сечения и точки, лежащие на них, пронумерованы предварительно. Курсор нужно привести на изображении на точку пересечения сечения и полосы и нажать левую кнопку мыши, предварительно указав в пункте "Управление" – номер "рабочей" полосы и номер вспомогательного сечения. После указания точки пересечения полосы и вспомогательного сечения в окне состояния выбора точек будет отображаться ход действий по выбору точек сечения, принадлежащих соответствующим полосам. В данном окне указываются номера полос, для которых были отмечены точки, лежащие на соответствующих сечениях. После указания всех точек пересечения полос и вспомогательных сечений запускается расчет значений напряжений в точках линии сопряжения ремней отдельно по каждому из участков. Результаты расчета записываются на временное хранение во внутренний массив САРНС и в промежуточный программный файл текстового формата. Файл сохраняется в рабочей папке САРНС и используется в дальнейшем для графического модуля. В файл сохраняются данные расчета по всем участкам сопряжения. Итоговые

данные по расчету напряжений представляются также в виде графиков – эпюр напряжений по линии сопряжения ремней. С этой целью в САРНС реализован графический модуль "Построение графиков".

ВЫВОДЫ

Разработаны алгоритм и программное обеспечение по расчету напряжений по линии сопряжения ремней транспортирующего механизма трепальной машины по результатам поляризационно-оптического метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко Н.И. Совершенствование транспортирующего механизма трепальной машины: Дис....канд. техн. наук. – Кострома, 2005.
2. Хаимова – Малькова Р.И. Методика исследования напряжений поляризационно-оптическим методом. – М.: Наука, 1970.

REFERENCES

1. Kovalenko N.I. Sovershenstvovanie transportiruyushogo mehanizma trepalnoj mashiny: Dis....kand. tehn. nauk. – Kostroma, 2005.
2. Haimova – Malkova R.I. Metodika issledovaniya napryazhenij polyarizacionno-opticheskim metodom. – M.: Nauka, 1970.

Рекомендована кафедрой информационных технологий. Поступила 29.05.18.