

Методика уточненных расчетов деталей лесохозяйственных машин

А. Э. Эгипти¹

А. А. Поттер

Петрозаводский государственный университет

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается методика расчетов типовых деталей машин для лесовосстановления с применением метода конечных элементов (МКЭ).

Ключевые слова: лесохозяйственная машина, нагрузка, метод конечных элементов, деформация, перемещение.

SUMMARY

The article considers the strength calculation methods for reforestation machine details with use of finite element method.

Keywords: reforestation machine, loading, finite element method, distortion, dislocation.

ВВЕДЕНИЕ

Первой стадией создания изделий является проектирование, в процессе которого расчетным путем определяют размеры отдельных элементов. Проектируемая машина должна быть надежной в заданных условиях функционирования в течение срока эксплуатации.

При решении расчетных задач по сопротивлению материалов применяют приближенные методы. В уточненных инженерных расчетах прочности конструкций и деталей машин используется МКЭ [1,2]. При использовании этого метода область, занимаемую деталью, разбивают на конечное число малых элементов. Последнее эквивалентно замене расчетной модели тела, имеющей бесконечное число параметров напряженно-деформированного состояния в точках, дискретным аналогом с конечным числом параметров в узлах элементов.

Для плоской задачи эти элементы обычно имеют вид треугольников, для пространственной – многогранников.

Это позволяет свести решение задачи теории упругости к решению системы линейных алгебраических уравнений высокого порядка.

Моделируемый объект представляется системой подчиненных геометрических примитивов, наверху ко-

торой находятся объекты, а внизу точки и их пространственные координаты.

Подготовка данных при создании графической информации конечно-элементного анализа исследуемого объекта производится в последовательности: ввод геометрии, разбиение на конечные элементы, ввод граничных условий и нагрузок, создание выходного файла. После этого производится выполнение расчетов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для реализации численных значений деформаций и напряжений в деталях машин использовался пакет прикладных программ расчета прочности механических систем [3].

В качестве примера приводится методика расчета интенсивности напряжений и деформированного состояния оси рабочего органа лункообразователя ЛЛ-2У для посадки лесных культур.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Материал детали – сталь 45 с временным сопротивлением прочности 600 МПа [4]. Диаметр оси – 40 мм, длина – 106 мм. Приложенная к оси экстремальная нагрузка при агрегатировании с трактором ЛХТ-55 составляет величину 30 кН.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Ось нагружена от проушин по двум контактным площадкам, каждая длиной 18 мм. Величина общего усилия на сопрягаемых цилиндрических элементах делится поровну.

При соприкосновении двух нагруженных цилиндрических тел возникает контактное нагружение, действующее на малом участке поверхности. В зоне соприкосновения образуется контактная площадка, размеры которой зависят от упругости материалов и геометрических параметров сжимаемых тел.

Для случая соприкосновения выпуклой поверхности одного цилиндра с вогнутой поверхностью второго используется расчетная зависимость [5]:

$$V = \frac{d \cdot D}{D - d}, \quad (1)$$

где V – приведенный диаметр, мм; D – диаметр вогнутого цилиндра, мм; d – диаметр выпуклого цилиндра, мм.

Приведенный модуль упругости материалов цилиндров выразится как:

$$E = 2 \frac{E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2}. \quad (2)$$

При сжатии цилиндров площадка контакта имеет вид прямоугольника шириной b , мм, которая рассчитывается по формуле:

¹ Авторы – соответственно доцент кафедры технологии металлов и ремонта и доцент кафедры технологии и оборудования лесного комплекса

$$b = 1.5 \cdot \sqrt{q \cdot \frac{V}{E}}, \quad (3)$$

где q – нагрузка на единицу длины цилиндров, Н/мм.

Расчетные данные по геометрическим параметрам площади контакта сопрягающихся цилиндрических тел (проушина и ось) приведены в таблице.

Таблица

Параметры	ЗКЗ*	ЗПУ**
Диаметр отверстия D , мм	40,025	40,025
Диаметр оси d , мм	39,970	39,970
Приведенный диаметр V , мм	29087	29087
Удельная нагрузка q , мм	600	833
Привед. модуль упруг. E , МПа	210000	210000
Размер зоны контакта b , мм	13,7	16,1
Угол контакта, градус	39	46

*Зона кинематических закреплений.

**Зона приложений усилий.

Для расчета прочностных характеристик с применением МКЭ геометрическая форма оси рабочего органа лункообразователя, представляющего собой цилиндр, разбита на 992 объемных элемента с 949 узлами. Кинематические граничные условия в местах закрепления оси в проушинах принимались в двух вариантах: шарнирное и жесткое.

Согласно расчетным углам контакта цилиндрических поверхностей кинематические граничные условия реализовались в 15 узлах, а сосредоточенные узловые нагрузки в 1666 Н фиксировались в 18 узлах.

Результаты расчетов выводятся в виде базы данных: инерционные характеристики детали, перемещения узловых точек, усилия в закрепленных узлах, максимальные перемещения по элементам, все составляющие напряжений в каждом элементе.

На рис. 1 представлено напряженное состояние расчетной детали после приложения нагрузок.

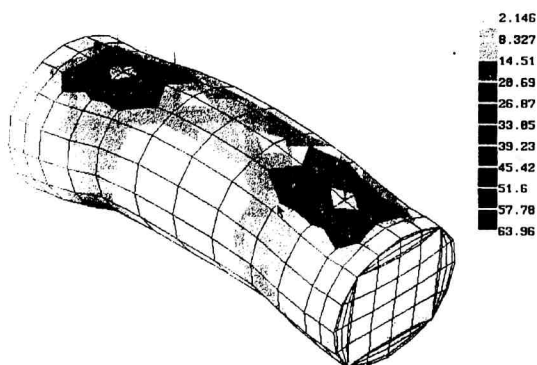


Рис. 1. Интенсивность напряжений оси рабочего органа лункообразователя при экстремальной нагрузке

Величины перемещений элементов детали в трех зонах от приложенных нагрузок представлены на рис. 2.

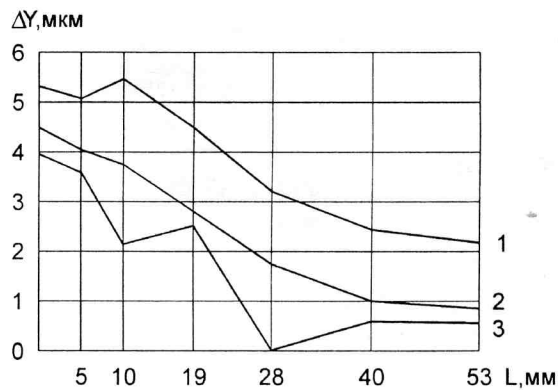


Рис. 2. Перемещение элементов оси: 1 - верхняя образующая; 2 - нейтральная линия; 3 - нижняя образующая

Величины перемещений оси рабочего органа даны для случая экстремального статического нагружения, когда при защемлении иглы в препятствии все усилие тяги трактора передается на ось. Графический анализ показывает, что воздействие на ось от приложенной нагрузки находится в зоне упругих деформаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зенкевич О. С. Метод конечных элементов в технике: Пер. с англ. / Под ред. Б. Е. Победри. М.: Мир, 1975. 541 с.
2. Метод конечных элементов: Учебное пособие для вузов / Под ред. П. М. Варвака. Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1981. 176 с.
3. Зенит, версия 3.10. Пакет прикладных программ расчета динамики и прочности механических систем. СПб., 1992. 72 с.
4. Марочник сталей и сплавов / Веткин С. А. и др. М.: Машиностроение, 1989. 640 с.
5. Орлов П. И. Основы конструирования: Справочно-метод. пособие: В 2 кн. 3-е изд., испр. Кн.1 / Под ред. П. Н. Угаева. М.: Машиностроение, 1988. 560 с.