

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕЛ ИЗ КОМПОЗИТОВ ПРИ КОНТАКТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ

Поиск построения математических моделей и оптимального решения проблемы определения контактных напряжений при взаимодействии упругих тел из композитов является актуальным в наше время. Основную роль уделяется контактным задачам механики деформируемого твердого тела. Для решения таких задач широко используются аналитические методы [1] и численные методы, поскольку они позволяют расширить возможности анализа напряженного состояния в области контакта. Таким образом, является актуальной разработка таких методик, которые позволяют достаточно точно описать модель поведения исследуемых процессов, получить решение поставленной задачи с построением алгоритма численной реализации.

Основной причиной выхода из строя в условиях эксплуатации деталей машин является износ и повреждение их рабочих поверхностей. В основном процесс изнашивания сопровождается изменением формы и размеров деталей, возникновением дополнительных динамических нагрузок и концентрацией напряжений.

В настоящее время наблюдается стремительный рост производства полимерных композитов. Они проникают в самые различные области техники. Полимерные материалы

предоставляют возможность получать износостойкие и противокоррозионные покрытия, герметизировать трещины, резьбовые соединения, восстанавливать прессовые посадки.

В данной работе рассматривается метод расчета напряженно-деформированного состояния ортотропных тел из композитов, которая сводится к решению плоских модельных задач о действии распределенной нагрузки на границе [2].

Рассматривается дискретная аппроксимация распределенного давления на границе путем разбиения на n участков.

Положим, что на каждом отрезке давление можно описать параболическим распределением [3]

$$P_i(t) = a_i + b_i t + c_i t^2, \quad t = x - s,$$

$$\text{где } c_i = \frac{P(s_i - l) + P(s_i + l) - 2P(s_i)}{2l^2}, \quad b_i = \frac{P(s_i + l) - P(s_i - l)}{2l} - 2c_i s_i, \quad a_i = P(s_i) - b_i s_i - c_i s_i^2.$$

Суммарное напряжение, действующее в теле определяем по формулам суммирования на каждом граничном участке:

$$\sigma_x = \sum_{i=1}^n (\sigma_x)_i; \quad \sigma_y = \sum_{i=1}^n (\sigma_y)_i; \quad \tau_{xy} = \sum_{i=1}^n (\tau_{xy})_i.$$

$$\begin{aligned} \text{где } (\sigma_x)_i &= -\frac{1}{\pi} [a_i L_{0i} + b_i y L_{1i} + c_i y^2 L_{2i}], \\ (\sigma_y)_i &= -\frac{1}{\pi} [a_i L_{3i} + b_i y L_{4i} + c_i y^2 L_{4i}], \\ (\tau_{yx})_i &= -\frac{1}{\pi} [a_i L_{4i} + b_i y L_{4i} + c_i y^2 L_{4i}] \end{aligned}$$

$A_i = x - (s_i - l)$, $B = x - (s_i + l)$, l – полуширина зоны контакта,

$$\begin{aligned} L_{0i} &= \frac{1}{(\beta_1 - \beta_2)} \left(-\frac{1}{\beta_1} \left(\operatorname{arctg} \frac{B_i \beta_1}{y} - \operatorname{arctg} \frac{A_i \beta_1}{y} \right) + \frac{1}{\beta_2} \left(\operatorname{arctg} \frac{B_i \beta_2}{y} - \operatorname{arctg} \frac{A_i \beta_2}{y} \right) \right), \\ L_{1i} &= \frac{1}{2(\beta_1 - \beta_2)} \left(-\frac{1}{\beta_1^2} \left(\ln(B_i^2 + \frac{y^2}{\beta_1^2}) - \ln(A_i^2 + \frac{y^2}{\beta_1^2}) \right) + \frac{1}{\beta_2^2} \left(\ln(B_i^2 + \frac{y^2}{\beta_2^2}) - \ln(A_i^2 + \frac{y^2}{\beta_2^2}) \right) \right), \\ L_{2i} &= \left(\frac{1}{y(\beta_1 - \beta_2)} \right) \left(-\frac{1}{\beta_1^2} (B_i - A_i) + \frac{1}{\beta_2^2} (B_i - A_i) \right) + \\ &+ \frac{1}{(\beta_1 - \beta_2)} \left(\frac{1}{\beta_1^3} \left(\operatorname{arctg} \frac{B_i \beta_1}{y} - \operatorname{arctg} \frac{A_i \beta_1}{y} \right) - \frac{1}{\beta_2^3} \left(\operatorname{arctg} \frac{B_i \beta_2}{y} - \operatorname{arctg} \frac{A_i \beta_2}{y} \right) \right), \\ L_{3i} &= \frac{1}{(\beta_1 - \beta_2)} \left(\left(\operatorname{arctg} \frac{B_i \beta_1}{y} - \operatorname{arctg} \frac{A_i \beta_1}{y} \right) - \left(\operatorname{arctg} \frac{B_i \beta_2}{y} - \operatorname{arctg} \frac{A_i \beta_2}{y} \right) \right), \\ L_{4i} &= \frac{1}{2(\beta_1 - \beta_2)} \left(\left(\ln(B_i^2 + \frac{y^2}{\beta_1^2}) - \ln(A_i^2 + \frac{y^2}{\beta_1^2}) \right) - \left(\ln(B_i^2 + \frac{y^2}{\beta_2^2}) - \ln(A_i^2 + \frac{y^2}{\beta_2^2}) \right) \right), \end{aligned}$$

Исходя из полученных аналитических зависимостей, был разработан алгоритм по расчету напряжений при контактом взаимодействии тел из композитов.

Список использованных источников

- 1 Джонсон, К. Механика контактного взаимодействия / К. Джонсон. – Москва : Мир, 1989. – 510 с.
- 2 Можаровский, В. В. Прикладная механика слоистых тел из композитов / В. В. Можаровский, В. Е. Старжинский. – Минск : Наука и техника, 1988. – 290 с.

3 Москалева, М. В. Определение напряженно-деформируемого состояния ортотропного тела при контактном взаимодействии / М.В. Москалева // Творчество молодых 2020: сборник научных работ студентов, магистрантов и аспирантов УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель, 2020 г.: в 3 ч. / М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т ГГУ им. Ф. Скорины ; главн. ред. Р. В. Бородич [и др.]. – Гомель, 2020. – Ч. 1. – С. 209–212.