Расчёт пластины с отверстием: МКЭ и проверка по аналитике

Сходимость, сравнение с теорией и границы применимости. Данные кейса сконструированы. Нормы, формулы и структура документа — настоящие. Библиографические и патентные записи получены из открытых источников.

Что считалось

Пластина с центральным круглым отверстием под одноосным растяжением 100 МПа, материал — алюминиевый сплав с модулем 70 000 МПа. Считалась четверть модели по симметрии: плоская задача, четырёхузловые элементы, интегрирование по Гауссу. Самая подробная сетка — 9 684 элементов.

Зачем сходимость

Один расчёт с красивой картинкой ничего не доказывает: напряжение у отверстия зависит от сетки. Поэтому считается ряд сеток и видно, куда сходится число.

Элементов	K_t
387	2,588
1 548	2,935
6 197	3,134
9 684	3,176

Проверка теорией

Для бесконечной пластины коэффициент концентрации равен трём. Для пластины конечной ширины есть поправка Хоуленда. При отношении диаметра к ширине 0.1 расчёт даёт 2,705, аналитика — 2,722: расхождение -0,6 %.

Где расчёт расходится с теорией и почему

При больших отверстиях расчёт выше аналитики, и это не ошибка счёта, а разница постановки: аналитическая поправка выведена для полосы, а здесь квадратная пластина со свободными кромками, и граница отверстия полигональная. Поэтому результат по большому отверстию не выдаётся за расчётный: он показывает, что постановку надо менять — согласованная сетка и уточнение границы.

Границы

Модель плоская: она не заменяет трёхмерный расчёт и не учитывает контакт, пластичность и усталость. Она даёт число и, главное, проверку числа. Решение о запасе принимает конструктор.

Данные кейса сконструированы. Нормы, формулы и структура документа — настоящие. Библиографические и патентные записи получены из открытых источников.