

**ОЦЕНКА КОНТАКТНЫХ
НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ВДАВЛИВАНИИ
ЖЕСТКОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО
ШТАМПА С ПЛОСКОЙ ТОРЦЕВОЙ
ПОВЕРХНОСТЬЮ В ПЛАСТИНУ ИЗ
УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО
МАТЕРИАЛА**

Р.А. Саврай, А.В. Кузнецов

ИМАШ УрО РАН, Екатеринбург, Россия, ras@imach.uran.ru

Классическое теоретическое решение краевой задачи говорит о том, что значение напряжения по границе зоны взаимодействия будет стремиться к бесконечности. Например, при вдавливании жесткого цилиндрического штампа с плоской торцевой поверхностью в упругую пластину, распределение нормальных контактных напряжений σ_{zz} под штампом может быть рассчитано по формуле:

$$\sigma_{zz}(\rho, 0) = -\frac{2GD}{\pi(1-\mu)}(r^2 - \rho^2)^{-1/2}, \quad 0 \leq \rho < r,$$

где $G = E/2(1 + \mu)$ – модуль упругости при сдвиге, D – глубина вдавливания, μ – коэффициент Пуассона, E – модуль упругости, r – радиус цилиндра.

Анализ данной зависимости показывает, что на краях цилиндра контактные напряжения выше, чем в его середине, а при $\rho = r$ контактные напряжения стремятся к бесконечности. Очевидно, что практическое распределение контактных напряжений вследствие релаксации будет отличаться от теоретического. Кроме того, в случае упругопластического нагружения, деформация материала под поверхностью штампа должна приводить к дополнительному перераспределению напряжений.

Таким образом, целью данной работы явился расчет нормальных контактных напряжений σ_{zz} при вдавливании жесткого цилиндрического штампа с плоской торцевой поверхностью в пластину из упругопластического материала с использованием метода конечных элементов.

Необходимо отметить, что, с одной стороны, данная задача может быть решена как объемное контактное взаимодействие двух тел, но для такого решения требуется более детальная проработка поверхности тел взаимодействия. С другой стороны, можно упростить задачу, полагая, что цилиндрический штамп по прочности значительно превосходит материал пластины. В данном случае, для получения решения достаточно задать область взаимодействия штампа и пластины на этапе построения геометрической модели. Поэтому поставленная задача решалась для упругопластической пластины при расчете без учета и с учетом контактного взаимодействия.

В результате расчета (см. рисунок) показано соответствие распределения нормальных контактных напряжений на поверхности пластины для обоих рассмотренных случаев, а максимальные напряжения возникают на границе области взаимодействия штампа и пластины и имеют близкие значения. При этом соотношение нормальных контактных напряжений на границе и в центре области взаимодействия штампа и пластины при используемых граничных условиях составило 1,8 раза при расчете как без учета, так и с учетом контактного взаимодействия. Следовательно, упрощенный расчет без учета контактного взаимодействия позволяет качественно и количественно оценить распределение нормальных контактных напряжений на поверхности пластины и может быть использован для оценки контактных напряжений при вдавливании жесткого цилиндрического штампа с плоской торцевой поверхностью в пластину из упругопластического материала.

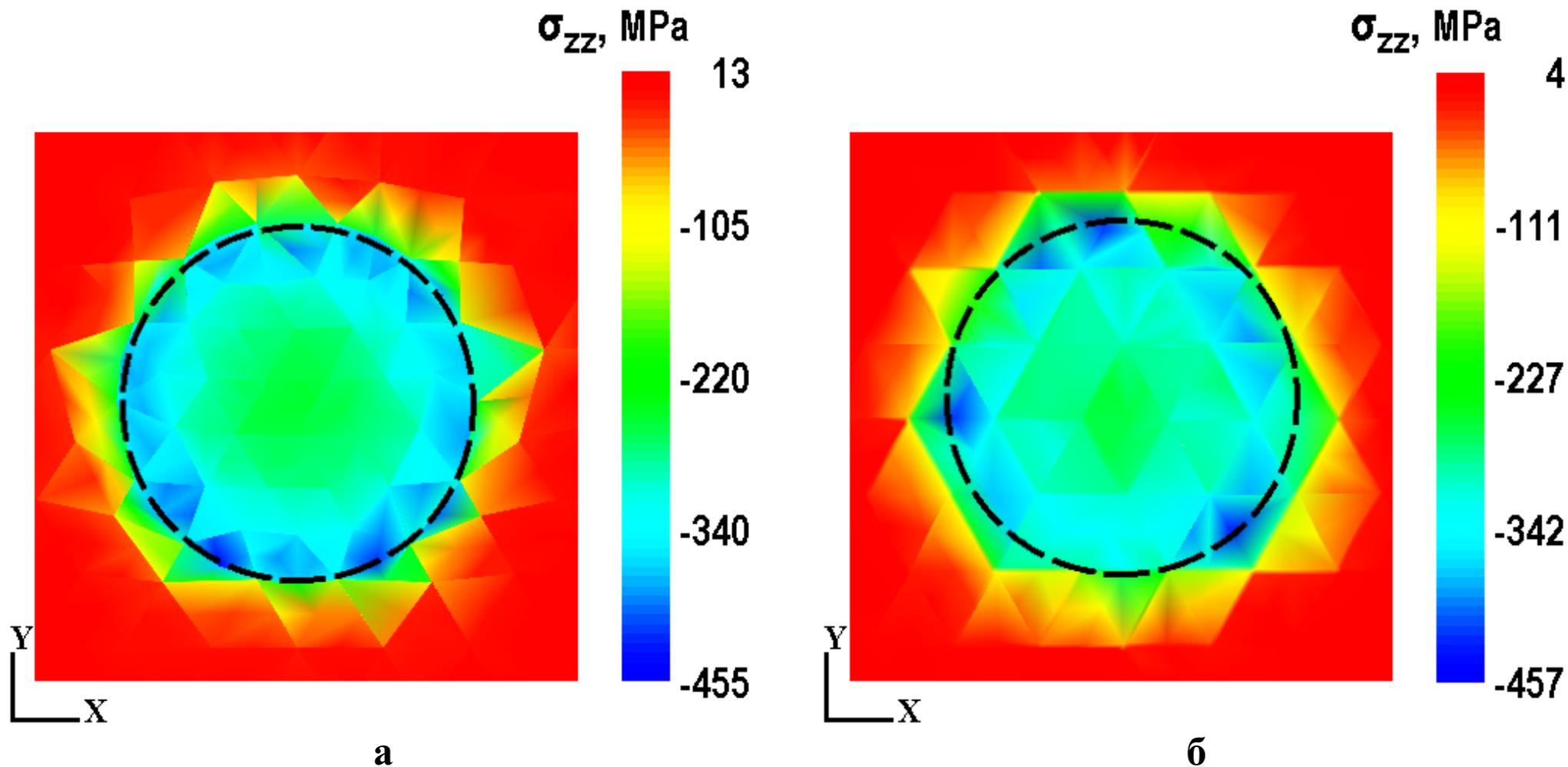


Рисунок. Распределение нормальных контактных напряжений σ_{zz} на поверхности упругопластической пластины при расчете без учета (а) и с учетом (б) контактного взаимодействия. Граница области взаимодействия штампа и пластины обозначена штриховой линией