

2. Squire V., Hosking R., Kerr A., Langhorne P. Moving loads on ice // Kluwer Academic Publishers. – 1996.

3. Khabakhpasheva T. Shishmarev K., Korobkin A. Large-time response of ice cover to a load moving along a frozen channel // Applied Ocean Research. – 2019. – 86. – p. 154–165.

УДК 519.6

О применении программного комплекса Abaqus к задачам о напряженном состоянии вокруг отверстий

Н.С. Поморов, А.В. Устюжанова

АлтГУ, г. Барнаул

В настоящее время существует большое количество программных продуктов, применяемых для численного моделирования задач механики деформируемого тела. В основе работы многих пакетов лежит метод конечных элементов. Одним из таких пакетов является программный комплекс SIMULIA Abaqus, предназначенный для многоцелевого междисциплинарного анализа [1–2]. Данный комплекс широко используется в самых различных сферах производства и в научно-исследовательской деятельности.

Abaqus имеет свободно распространяемую версию Abaqus Student Edition, которая включает в себя модули Abaqus/CAE, Abaqus/Standart, Abaqus/Explicit, полную документацию к программе и архив тестовых задач. Это позволяет использовать данный программный пакет в учебных целях и дает возможность студентам знакомиться с новыми достижениями в разработке комплекса. Ограничением версии Abaqus Student Edition является использование не более 1000 элементов и узлов для построения конечно-элементной модели.

Графическая оболочка Abaqus/CAE, служащая для моделирования, управления и мониторинга проводимых расчетов, анализа и визуализации полученных результатов, состоит из ряда модулей, каждый из которых содержит в себе ряд близких по значению действий.

Перечислим модули в той последовательности, в которой они были использованы в представленных ниже вычислительных расчетах.

Вначале с помощью модуля PART происходит создание геометрии деталей, задание опорных точек и систем координат.

В модуле PROPERTY определяются материалы и их свойства, задаются геометрические характеристики сечений стержневых элементов

конструкции. Следует отметить, что Abaqus не имеет встроенной системы единиц измерений. Все параметры модели должны быть во взаимосвязанных единицах.

Модуль ASSEMBLY предназначен для определения ориентации деталей в пространстве и для сборки их в единую модель.

В модуле STEP задаются параметры анализа и набор выходных данных.

В модуле LOAD определяются начальные и граничные условия модели.

В модуле MESH происходит генерация сетки конечных элементов.

Модуль JOB применяется для проверки модели, запуска на расчет и мониторинга процесса расчета.

Модуль VIZUALIZATION используется для анализа и визуализации результатов расчета.

Представим примеры численных расчетов, проведенные в программном комплексе Abaqus.

В качестве исследуемой области рассмотрена плоская прямоугольная область с двумя и тремя круговыми отверстиями одинакового радиуса. Поведение материала вне отверстий является упругим. Параметры задачи были заданы следующие: модуль упругости $E = 3 \cdot 10^{10}$ Па, коэффициент Пуассона $\nu = 0.3$. Величина нагрузки, действующая на верхнюю границу равна 3000 Па, нагрузка на боковых сторонах – 5000 Па. Границы отверстий свободны от напряжений. Размеры области 10×10 м, радиус отверстий 0.5 м. Расчетная область разбивается на конечные треугольные элементы. Полученные результаты представлены на рисунке 1. Построены изолинии эквивалентных по Мизесу напряжений:

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2},$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – главные напряжения.

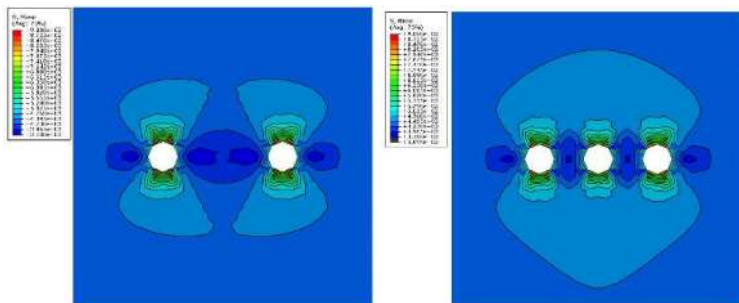


Рисунок 1 – Распределение эквивалентных напряжений

Результаты расчетов согласуются с известными решениями [3]. Наличие отверстий и их количество оказывают влияние на распределение напряжений. Наибольшая концентрация напряжений наблюдается вблизи отверстий.

При проведении расчетов можно отметить удобный и понятный интерфейс Abaqus, возможность выбора различных свойств материала, наглядное построение конечно-элементной сетки, визуализацию полученных результатов. Кроме того, одним из преимуществ Abaqus является возможность решения смешанных задач мультифизики.

Программный комплекс Abaqus может быть рекомендован к использованию в учебном процессе и в научных исследованиях.

Библиографический список

1. Нуштаев Д.В. Abaqus. Пособие для начинающих. Пошаговая инструкция. – М.: Тесис, 2010. – 78 с. – Режим доступа: <http://tesis.com.ru>.
2. Электронное методическое пособие «Simulia Abaqus». Решение прикладных задач. – М.: Тесис, 2015. – 121 с. – Режим доступа: <http://tesis.com.ru>.
3. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. – М.: Наука, 1975. – 576 с.

УДК 532.135

Моделирование динамических характеристик полимерных жидкостей в условиях наложения осциллирующих колебаний на стационарный сдвиг

О.А. Прошкина, О.А. Кондратьева

АлтГПУ, г. Барнаул

Полимерами называют соединения, молекулы которых состоят из большого числа атомных группировок, соединенных химическими связями в длинные цепи, которые называют макромолекулами или полимерными цепями.

Но в первую очередь, полимерные материалы – это сырье, которое необходимо переработать, чтобы сформировать из него изделие. В настоящее время большее значение приобрели методы формирования путем перевода материала в текучее состояние, придание раствору или расплаву требуемой формы и последующего затвердевания в форме изготавливаемого изделия.

Известны два способа построения реологического уравнения состояния: феноменологический и структурно–кинетический (статистический).