

УДК 539.3

КРУЧЕНИЕ БРУСА КРУГЛОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ С ПЕРЕМЕННОЙ ПО ДЛИНЕ И ПОПЕРЕЧНОМУ СЕЧЕНИЮ ПОРИСТОСТЬЮ

Шляхов С.М., Гаврилов Д.Ю.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов, Россия

Статья посвящена задаче нахождения уровня вторичных касательных напряжений, возникающих в сечениях из-за переменной по длине пористости. Решение такой задачи позволяет учесть вторичные касательные напряжения при определении несущей способности пористого бруса. Распределение пористости по поперечному сечению задается рациональным образом - исходя из ранее решенных задач по подбору пористости при кручении бруса круглого поперечного сечения, по длине бруса – по линейному закону. Целью исследования является определение уровня вторичных касательных напряжений и оценка их значения.

Ключевые слова: пористость, кручение, круг, рациональность, брус, касательные напряжения, модуль сдвига, суперэлемент, вторичные касательные напряжения.

DOI: 10.22281/2413-9920-2017-03-02-147-153

Вопросы оптимального проектирования конструкций приобретают в последнее время все большую значимость и актуальность. Имеется ряд направлений оптимизации. Одним из них является управление свойствами внутренней структуры материала. Теоретические исследования по возможности управлять упругими характеристиками при кручении (модулем сдвига G) рассматриваются в работах К.А. Лурье [1]. Пример решения рационального распределения модуля сдвига G по прямоугольному сечению бруса при кручении представлен в работе Рейтмана М.И. и Шапиро Г.С. [2]. Большой вклад в изучение свойств пористых материалов внесли Кашталян Ю.А., Белов С.В., Кингери У.Д., Бутарович Д.О. [3-6]. Пористые материалы обладают рядом специфических свойств: пониженной теплопроводностью, повышенной звукоизоляцией, хорошей ударной вязкостью. Кроме того, в теплоэнергетике пористые материалы являются единственно возможными жаропрочными материалами, выполненными из керамики или пористых металлов, полученных методом порошковой металлургии.

Другим направлением является регулирование свойств материала уровнем пористости. Задачи изгиба брусев пористой структуры разных профилей поперечного сечения подробно рассмотрены в [9-11].

В настоящей работе рассматривается задача оценки уровня вторичных касательных напряжений, возникающих при кручении бруса с переменной по поперечному сечению и длине пористостью. Актуальность

ставящейся задачи обусловлена необходимостью учета вторичных касательных напряжений при оценке несущей способности конструкции.

Рассмотрим сплошной цилиндр радиусом r и длиной l с переменной по длине и поперечному сечению пористостью. Торцы цилиндра свободны от закреплений. На цилиндр действует крутящий момент $M_{кр}$. Положим, что цилиндр имеет среднюю длину, т.е. ставится задача нахождения уровня вторичных касательных напряжений, возникающих в сечениях из-за переменной по длине пористости. Допускаем, что краевыми эффектами можно пренебречь.

Рассмотрим напряженно-деформированное состояние цилиндра. Для решения задачи используем метод суперэлементов. Разбиваем цилиндр по длине l на m коротких цилиндров (суперэлементов), условно называемых «дисками». Длина каждого диска равна шагу разбиения $h_z = 0,1l$ по оси z . Распределение пористости по сечению диска задаем квадратичной параболой, как приближенной аппроксимацией результатов решения [7, 8]. В пределах каждого суперэлемента принимаем уровень пористости равномерным по его длине, средним по суперэлементу (рис. 1) на каждом радиусе. В соответствии с методом конечных элементов для оценки напряженно-деформированного состояния отдельного диска разобьем его поперечное сечение по радиусу на n равных по толщине кольцевых элементов. Известно, что упругие характеристики материала – ка-