

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
НИИ МЕХАНИКИ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА

*Посвящается
80-летию Горикова Анатолия Герасимовича
95-летию Болотина Владимира Васильевича*

**МАТЕРИАЛЫ XXVII МЕЖДУНАРОДНОГО СИМПОЗИУМА
«ДИНАМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
МЕХАНИКИ КОНСТРУКЦИЙ И СПЛОШНЫХ СРЕД»
имени А.Г. Горшкова**

Вятчи, 17 – 21 мая 2021 г.

Том 1

**XXVII INTERNATIONAL SYMPOSIUM «DYNAMIC
AND TECHNOLOGICAL PROBLEMS OF A MECHANICS
OF CONSTRUCTIONS AND CONTINUOUS MEDIUMS»
Dedicated to A.G. Gorshkov**

Vyatichi, 17 – 21 May 2021

Vol. 1

Москва 2021

уравнений размерностью $(K+S+2L) \times (K+S+2L)$ относительно $\gamma_k, \lambda_s, \lambda_l, \lambda_l^0$ неизвестных, где последние три параметра как раз и являются неопределенными множителями Лагранжа для связей (3), (4). Структура получившейся системы такова, что решить задачу на собственные значения стандартными процедурами невозможно. Поэтому только после линейного преобразования можно свести ее к системе уже размерностью $(K-S-2L) \times (K-S-2L)$, для которой определить собственные частоты и формы колебаний пластины не представляет затруднений.

Сравнение с результатами расчета пластины со смешанными граничными условиями полученное численным методом в [1], показало удовлетворительную сходимость метода даже при минимальной аппроксимации реальных граничных условий.

Одним из плюсов предлагаемого подхода, является возможность почти автоматического учета точечных жестких шарнирного (шарнирно-зашемленного) типа или упругих опор в произвольных внутренних точках пластины.

Литература

1. Смирнов В.А. Расчет пластин сложного очертания, изд-во "Стройиздат", М., 1978 г.
2. Мелешко И.Н., Пронкевич С.А. Численное определение частот и форм собственных колебаний круглых пластин при неоднородных граничных условиях. Республиканский межведомственный сборник научных трудов, БНТУ, Минск, 2013 г.
3. Андрианов И.В., Данишевский В.В., Иванков А.О. Асимптотические методы в теории колебаний балок и пластин. Днепропетровск: Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, 2010. – 216 с.

ПОСТРОЕНИЕ НЕГОМОГЕННОЙ МОДЕЛИ ПО ДАННЫМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Якова В.В.¹, Харин Н.В.¹, Балтин М.Э.², Балтина Т.В.², Саченков О.А.¹

¹Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского (Казанский Приволжский Федеральный университет), ²Институт фундаментальной медицины и биологии (Казанский Приволжский Федеральный университет), Казань

В работе предложена методика построения расчетной конечно-элементной модели по данным компьютерной томографии (КТ). Выполнены следующие этапы для оценки модели бедренной кости: обработка данных КТ в программном комплексе Avizo; определение механических свойств в локальной области;

построение конечно-элементной сетки с распределенными механическими свойствами; создание методики для оценки напряженно-деформированного состояния локальной области; решение модельных задач и сравнение результатов[1,2].

При построении модели предполагается, что материал изотропный и негетогенный. Из предположения наличия связи между физической плотностью и механическими характеристиками оптическая плотность использовалась для расчета модуля Юнга и предельных напряжений. Основная идея заключается в построении взаимосвязи между конечно-элементной сеткой и данными КТ[3]. Для этого необходимо определить коэффициенты ослабления в узлах на дискретизированном множестве, которое представляет набор данных узлов и элементов. Далее проводится осреднение механических характеристик для каждого элемента, что позволяет, находясь в рамках упругой постановки, использовать классические конечные элементы.

Для оценки значимости предложенного метода были рассмотрены две модельные задачи: негетогенная и гетогенная, обладающая той же геометрией, и граничными условиями, но с осредненными механическими характеристиками. Изучались следующие задачи: одноосное сжатие, изгиб и совместный изгиб со сжатием. После получения решения анализировались поля распределений напряжений по Мизесу и коэффициента запаса. Стоит отметить, что локализация максимальных напряжений и наибольший коэффициент запаса для негетогенного и гетогенного случая значительно отличались в каждом из трех расчетных случаев.

Таким образом, данные примеры иллюстрируют необходимость учета распределения механических свойств костного органа при моделировании НДС[4]. Качественным образом изменяются картины распределения коэффициентов запаса, значительно изменяются их количественные значения. Приведенная методика позволяют моделировать механическое поведение костных органов с учетом индивидуализации не только геометрии органа, но и его механических свойств.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-75-10027).

Литература

1. *Gupta S., Dan P., Bone geometry and mechanical properties of the human scapula using computed tomography data // Trends Biomater. Artif. Organs. – 2004. – Vol. 17, № 2. – P. 61-70.*

2. *Акулич Ю.В. Акулич А.Ю., Денисов А.С., Шайманов П.С., Шулятьев А.Ф. Уточнение индивидуальной зависимости модуля упругости трабекулярной костной ткани от объемного содержания матрикса // Российский журнал биомеханики. – 2014. – Т. 18, № 2. – С. 158–167.*