ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/146

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНООСНОГО СЖАТИЯ
ФЛЮИДОНАСЫЩЕННОГО МОДЕЛЬНОГО ОБРАЗЦА ПОКРЫТИЯ TiN**

^{1,2}Еремина Г.М., ^{1,2}Смолин А.Ю.

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

²Томский государственный университет, Томск

Покрyтия TiN, полученные технологией PVD, используются при создании биосовместимых имплантов, в том числе эндопротезов тазобедренного сустава. При внедрении в организм поверхность покрyтия начинает взаимодействовать с биологическими жидкостями, что приводит изменению его физико-механических свойств. Исследовать свойства материала покрyтия насыщенного биологической жидкостью в организме *in vivo* не возможно. Исследование этого материала *in vitro* затруднительно, так как он существует только в форме покрyтия. Однако с помощью компьютерного моделирования представляется возможным исследование его физико-механических свойств в условия максимально приближенным к условиям в живом организме, в том числе насыщенного жидкостью. Целью данной работы является численное моделирование одноосного сжатия флюидонасыщенных модельных образцов из покрyтия TiN, с характеристиками, соответствующими PVD-технологии их получения.

Большинство работ по моделированию флюидонасыщенных биологических и биосовместимых материалов производится с помощью методов континуальной механики. Однако моделирование разрушения в данной группе методов является весьма опосредованным. В рамках данной работы применялась модель флюидонасыщенной среды, реализованной в методе подвижных (ПКА) [1] и гибридных клеточных автоматов (ГКА) [2-3]. В ПКА моделируемый материал рассматривается как ансамбль дискретных элементов (клеточных автоматов), взаимодействующих между собой по определённым правилам, позволяющим в рамках дискретного подхода описывать его деформационное поведение как изотропного упругопластического тела. Движение ансамбля элементов описывается уравнениями Ньютона-Эйлера. Главным преимуществом метода для решения поставленных задач является возможность явного учета несплошностей материала и моделирование разрушения. Основу метода ГКА составляет декомпозиция решаемой задачи на две подзадачи: 1) описание механического поведения вмещающего твердого тела (каркаса) и 2) описание переноса жидкости в фильтрационном объеме, представленном системой взаимосвязанных каналов, пор, трещин и т.д. Для описания механического поведения вмещающего тела используется метод подвижных клеточных автоматов, развиваемый авторами и являющийся одной из реализаций метода дискретных элементов.

Численно исследовалось влияние на механический отклик модельных образцов таких факторов, как наличие или отсутствие флюида в поровом пространстве материала, а также влияние размера среднего фильтрационного канала (проницаемости). При одноосном сжатии механическая нагрузка прикладывалась путем задания одинаковой скорости в вертикальном направлении верхнему слою автоматов при жестком закреплении автоматов нижнего слоя образца. На начальном этапе скорость движения автоматов верхнего слоя нарастала по синусоидальному закону от 0 до 1 м/с, а затем оставалась постоянной. Такая схема использовалась для устранения искусственных динамических эффектов и обеспечения плавного и быстрого выхода процесса деформирования образца на квазистационарный режим.

По результатам моделирования были построены диаграммы нагружения и получены визуальные изображения распределения давления жидкости в порах. Проанализировано влияние проницаемости и скорости нагружения на упругие и прочностные характеристики флюидонасыщенного покрyтия.

Acknowledgement: *The reported study was funded by of the Russian President tuition. Russian Fundamental Research Program of the State Academies of Sciences for 2013–2020 (Priority*

Секция 3. Проблемы компьютерного конструирования материалов с иерархической структурой

direction III.23 and Tomsk State University competitiveness improvement programme.

1. Shilko E.V., Psakhie S.G., Schmauder S., Popov V.L., Astafurov S.V., Smolin A.Yu. Overcoming the limitations of distinct element method for multiscale modeling of materials with multimodal internal structure // Computational Materials Science. 2015. V. 102. P. 267-285.
2. Zavsek S., Dimaki A.V., Dmitriev A.I., Shilko E.V., Pezdic J. and Psakhie. S.G. Hybrid cellular automata method. Application to research on mechanical response of contrast media // Phys. Mesomech. 2013. V.1. P. 42-51.
3. Shilko E.V., Dimaki A.V., Smolin A.Yu., Psakhie S.G. The determining influence of the competition between pore volume change and fluid filtration on the strength of permeable brittle solids// Procedia Structural Integrity. 2018. V. 13. P. 1508-1513.