

Отзыв научного руководителя
доктора физико-математических наук, профессора
Шешенина Сергея Владимировича

на диссертационную работу Артамоновой Нины Брониславовны по теме «Численная реализация модели Био при больших деформациях», представленную на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

В диссертационной работе Артамоновой Нины Брониславовны «Численная реализация модели Био при больших деформациях» сформулирована, математически исследована, обоснована на основе моделей и экспериментальных возможностей механики сплошных сред и численно реализована достаточно общая формулировка задачи совместного деформирования пористой деформируемой среды с протекающей через поры жидкостью в рамках физической и геометрической нелинейности. Постановка задачи выведена в скоростях перемещений твердой фазы и изменения давления воды в дифференциальном и вариационном виде.

Диссертация состоит из вступления, трех глав, заключения, списка литературы и трех приложений.

В первой главе изложен вывод уравнений полностью нелинейной (и геометрически, и физически) связанной модели консолидации. Новизна состоит в применении подхода ALE (Arbitrary Lagrangian-Eulerian) для переформулировки уравнений фильтрации и изменения пористости в лагранжевых координатах твердого каркаса с использованием относительной скорости движения жидкости. При линеаризации вариационных уравнений равновесия использовалась техника дифференцирования по Гато.

Во второй главе описывается алгоритм решения связанной задачи консолидации и приводятся примеры численных решений. Для решения задачи использовалось обобщение неявной схемы с внутренними итерациями на каждом шаге по времени по методу Узава. Исследовано влияние геометрической нелинейности совместно с учетом изменения пористости и проницаемости материала на результаты решения нелинейной задачи консолидации. Для реализации модели написана собственная компьютерная программа. Разработанная модель консолидации может применяться для моделирования осадки водонасыщенного грунта, образования колеи и неровностей дорог, а также для изучения процесса деформирования биологических материалов при использовании модели упругости.

Третья глава посвящена вычислению эффективных свойств грунтов, входящих в качестве параметров в модель Био. На основе метода осреднения Н.Б. Артамоновой были разработаны процедуры определения тензора

передачи порового давления (параметра Био) и тензора расширения пористой водонасыщенной среды при замерзании. В работе вводится новое обобщенное определение представительной области, меньшей по размеру, чем представительная область, соответствующая классическому определению. Согласно этому определению, при расчетах на таких представительных областях точки соответствия какого-либо эффективного свойства (модуля Юнга или коэффициента передачи порового давления) и параметра структуры (пористости) должны ложиться на одну кривую. В соответствии с новым определением представительной области, в третьей главе определяются зависимости эффективных свойств от изменяющейся пористости, которые затем учитываются в модели консолидации.

Основные результаты диссертации изложены в 13 печатных работах, из них 6 статей опубликованы в журналах, индексируемых в базах данных Web of Science, Scopus, RSCI. Научные результаты диссертационной работы докладывались на всероссийских и международных конференциях: Международной научной конференции «Ломоносовские чтения» (Москва, 2014, 2019, 2020); XX Международной конференции «Современные проблемы механики сплошной среды» (Ростов-на-Дону, 2020); Всероссийской научной конференции с международным участием «Механика композиционных материалов и конструкций, сложных и гетерогенных сред» им. И.Ф. Образцова и Ю.Г. Яновского, ИПРИМ РАН (Москва, 2017, 2019); Международной научно-практической конференции "Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее (к 100-летию МГРИ–РГГРУ)" (Москва, 2018); Международной научно-практической конференции "Инженерно-геологические задачи современности и методы их решения", ИГИИС (Москва, 2017); Международном научном симпозиуме по проблемам механики деформируемых тел, посвящённом 105-летию со дня рождения А.А. Ильюшина (Москва, 2016). Кроме того, полученные результаты докладывались и обсуждались на научно-исследовательских семинарах: на семинаре кафедры теории пластичности механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова под руководством д.ф.-м.н., проф., члена-корр. РАН Е.В. Ломакина (2020 г.); на семинаре кафедры механики композитов механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова под руководством д.ф.-м.н., проф. В.И. Горбачева (2020 г.); на семинаре имени А.А. Ильюшина кафедры теории упругости механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова под руководством д.ф.-м.н., проф. Д.В. Георгиевского (2020 г.); на межкафедральном семинаре по механике деформируемых сред под руководством д.ф.-м.н., проф. С.В. Шешенина, д.ф.-м.н., проф. А.В. Звягина и д.ф.-м.н., проф. А.Б. Киселева (2015–2019 г.).

Н.Б. Артамонова проявила себя способным, трудолюбивым исследователем. Результаты, полученные Н.Б. Артамоновой, представляются интересными, являются новыми, обоснованными и проиллюстрированы компьютерным моделированием.

Представленная работа «Численная реализация модели Био при больших деформациях» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Рекомендую присудить ее автору Н.Б. Артамоновой ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Я, Шешенин Сергей Владимирович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук
(по специальности 01.02.04), профессор кафедры пластичности
механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова
(119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, телефон: +7-495- 939-36-14
e-mail: sergey.sheshenin@mail.ru)

С.В. Шешенин