

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по НИР
ФГБОУ ВО «Кабардино-
Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова»,
профессор

Искандуров

2016 г.

О Т З Ы В

ведущей организации на диссертационную работу
Агаханова Гаджи Элифхановича
«Математическое моделирование физических воздействий в
деформируемых средах с учетом ползучести», представленной на
соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ.

Актуальность темы исследования

Поведение деформируемых сред формируется под влиянием силовых (поверхностных и объемных) и физических (температурных, влажностных и т.п.) воздействий. Напряженно-деформированное состояние среды существенно зависит от ее состояния и интенсивности силовых и физических воздействий. Диссертационная работа Г.Э. Агаханова посвящена совершенствованию методов расчета напряженно-деформированного состояния среды с учетом физических воздействий по модели вынужденных деформаций, т.е. делается попытка приблизить расчеты к реальным условиям физических воздействий. Математические исследования на основе предлагаемой модели позволяют развить аналитические методы решения актуальных для инженерной практики задач. В работе используются разработанные автором компьютерные программы по численной реализации аналитических решений с использованием встроенных функций.

Научная новизна и основные результаты диссертационного исследования

Научная новизна заключается в том, что влияние физических воздействий в деформируемых средах учитывается по модели вынужденных деформаций и предложены численно-аналитические методы решения некоторых задач инженерной практики.

Основные задачи, решенные в диссертации:

- 1) предложена математическая модель, описывающая физические воздействия в деформируемых средах, и проведены расчеты вынужденных деформаций с учетом ползучести;
- 2) полученные аналитические результаты использованы для решения следующих задач инженерной практики:
 - определение влажностных напряжений в полупространстве;
 - прогнозирование напряженно-деформированного состояния полупространства, находящегося под действием потока тепла;
 - оценка влияния порового давления в грунтовой среде;
 - прогнозирование деформаций земляного полотна автомобильных дорог в условиях водно-теплого режима;
- 3) разработаны алгоритмы и компьютерные программы, выполнены расчеты для большого числа вариантов исходных данных.

Достоверность и обоснованность результатов исследований

Достоверность научных результатов подтверждается строгостью математической постановки задач и физически обоснованными расчетными моделями, соответствием полученных результатов общим теоретическим положениям, установленным ранее другими авторами, сравнением полученных результатов с известными решениями других авторов. Обоснованность полученных результатов определяется корректным использованием теоретических положений механики деформируемого твердого тела и механики грунтов, и корректно используемым математическим аппаратом. Полученные решения задач доведены до практической реализации, составлены программы для среды matlab с использованием встроенных функций, реализующих численные методы, и выполнены расчеты при различных значениях исходных данных.

Характеристика разделов диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц машинописного текста, 16 таблиц, 18 рисунков, 4 приложения. Список литературы включает 180 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, раскрыта степень разработанности подобных проблем, сформулирована цель и поставлены задачи исследования, описаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследования, приведены положения, выносимые на защиту, и сведения об апробации работы.

В первой главе приведен обзор литературных источников по теме диссертационной работы. В частности, рассмотрены вопросы влаго- и теплообмена и выполнен анализ основных моделей теории ползучести. Отмечено, что все явления переноса, согласно теории Онзагера, выражаются идентичными линейными законами Дарси и Букингема, а изучением влажности подробно занимался Лыков А.В. Объективно автор в число первых исследований по ползучести включает работы Вика, Вебер и Кольрауш, а

работы Максвелла, рассматривает как первые, в которых закон деформирования по времени представили в виде дифференциального уравнения. В работе подчеркнут большой вклад в развитие теории ползучести отечественных ученых Ю.Н. Работнова, М.И. Розовского, Г.Н. Маслова, Н.Х. Арутюняна, А.Р. Ржаницына и др.

Во второй главе дана постановка задачи, построена расчетная модель деформируемой среды с учетом физических воздействий, приведены разрешающие уравнения для трехосного напряженного состояния. Отмечена особенность физических воздействий, состоящая в том, что они могут быть причиной вынужденных деформаций, приводящих к изменению свойств деформируемых сред. Отмечается, что деформируемые среды, особенно при наличии физических воздействий, не обладают большой стабильностью деформаций под нагрузкой и поэтому при современных требованиях к точности результатов расчета нельзя игнорировать свойство ползучести. Рассмотрена деформируемая среда со свойствами ползучести, находящаяся как под силовыми, так и физическими воздействиями. В рамках модели линейно-деформируемого сплошного изотропного тела приведены системы уравнений для трехосного напряженного состояния (дифференциальные уравнения равновесия в перемещениях, условия неразрывности деформаций, неинвариантные во времени линейно-наследственные уравнения ползучести в решенном относительно деформаций и напряжений видах). Рассмотрен случай квазиупругой среды, когда первый коэффициент Пуассона не зависит от момента приложения нагрузки. При нулевых силовых воздействиях получено, что для деформаций в квазиупругой среде справедливы обычные уравнения теории упругости. Показано, что инвариантная во времени среда, вынужденные деформации которой изменяются по заданному закону во времени, может рассматриваться как среда с переменными свойствами. По этой причине к ней могут быть применены те же методы расчета на ползучесть, как и к неинвариантной среде, работающей при постоянных или переменных вынужденных деформациях.

В третьей главе развиты аналитические методы решения трех задач инженерной практики с разработкой алгоритмов и программного обеспечения.

1. Т.к. глинистые грунты имеют широкое распространение в основаниях зданий и сооружений, то определение влажностных напряжений в грунтовом полупространстве является актуальной задачей. Рассмотрена задача о грунтовом полупространстве, подверженном увлажнению в силу определенных причин с изменением влажности во времени. Рассматривая структуру грунта в виде модели, составленной из двух упругих и одного вязкого элемента, и полагая, что свойства упругих элементов при изменении влажности не меняются, получено основное дифференциальное уравнение, описывающее данный процесс. Целесообразность такой модели объясняется использованием усложненных схем строения материала, где законы деформирования не играют существенной роли. Рассмотрен также случай постоянства мгновенного и длительного модулей упругости и переменного времени релаксации. Используя шкалу условного времени и подбирая

зависимость его масштаба от влажности, получено решение дифференциального уравнения. Полученное решение дает возможность для любого промежутка времени определить влажностные напряжения в грунтовом полупространстве. По предложенному алгоритму составлена программа для среды matlab.

2. Рассмотрена задача для неограниченного грунтового массива с плоской поверхностью, который считается бесконечным полупространством, находящимся под действием вынужденных деформаций, вызванных плоско-параллельным потоком тепла. В случае квазиупругого грунтового массива из дифференциальных уравнений равновесия остается только одно. Предполагая, что действие вынужденных деформаций в грунтовом массиве вызвано температурой на его поверхности, изменяющейся во времени по периодическому закону, получено решение в виде рядов. Данное решение может быть использовано для расчета напряжений с учетом ползучести в грунтовом массиве от действия вынужденных деформаций, вызванных колебаниями температуры на его поверхности. Составлена блок-схема и соответствующая ей программа в среде matlab.

3. Рассмотрена водонасыщенная двухфазная грунтовая система, находящаяся под действием поверхностных сил. Процесс консолидации грунта сопровождается возникновением сил взаимодействия между двумя фазами грунта. В работе установлено, что действие объемных сил, учитывающих воздействие порового давления на грунт, можно заменить действием вынужденных деформаций. Следовательно, воздействие порового давления на грунт можно рассматривать как действие объемных сил по расчетной модели Флорина-Био или как воздействие вынужденных деформаций по разработанной в данной работе расчетной схеме вынужденных деформаций. Эти две модели согласуются с установленными ранее в механике деформируемого твердого тела общими условиями эквивалентности воздействий. Оценка воздействия порового давления на грунт сводится к нахождению решения системы четырех уравнений, включающей три дифференциальных уравнения равновесия в перемещениях и соотношение, описывающее движение жидкости в деформируемой пористой среде. Рассмотрена одномерная задача уплотнения слоя двухфазного грунта, загруженного равномерно распределенной нагрузкой, при этом консолидируемый слой лежит на скальном недеформируемом основании. Рассмотрены также два варианта дренирования. Из решения системы соответствующих уравнений получены расчетные формулы для значений порового давления и напряжений. Аналогично по полученному решению составлена блок-схема и программа, проведены расчеты.

В четвертой главе дана математическая постановка задачи о деформации земляного полотна автомобильных дорог, находящегося под воздействием водно-теплого режима. Водно-тепловой режим, как физическое воздействие, является не только причиной изменения свойств грунтов земляного полотна и дорожной одежды, но для некоторых видов грунтов может являться и причиной существенных вынужденных

деформаций. Таким образом, решение задачи определения напряженно-деформированного состояния земляного полотна и дорожной одежды под воздействием вынужденных деформаций, вызванных водно-тепловым режимом грунта, является несомненно актуальным. Изменения влажности грунта в верхней части земляного полотна описывается синусоидальным законом, связанным с среднегодовым природным циклом. Предполагая, что грунт земляного полотна автомобильных дорог подчиняется уравнениям линейно-наследственной ползучести и условиям квазиупругости, получено решение, позволяющее прогнозировать деформации верхней части земляного полотна. Составлена блок-схема и программа для среды matlab.

Полнота опубликованных результатов работы

Результаты работы опубликованы в научно-технических изданиях. Всего опубликовано 13 работ, в том числе 6 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК. Основные положения диссертационной работы докладывались на 5 конференциях. Автореферат и публикации в основном отражают содержание диссертации. Результаты исследований могут быть рекомендованы для использования в проектно-строительных организациях и учебных заведениях.

Замечания по диссертации и автореферату

1. При построении и анализе моделей о нагревании поверхности упругого полупространства и нахождении вызванных этим процессом напряжений и деформаций не упомянута работа Данилевской В.И. «Температурные напряжения в упругом полупространстве, возникающие вследствие внезапного нагревания границы», ПММ, 14, №3 (1950), которая впервые решила эту задачу.

2. Моделирование рассмотренных в диссертации задач проводилось только для линейно-деформируемой среды, тогда как наличие значительных физических воздействий может привести к деформациям нелинейного характера.

3. Совершенно очевидно, что при моделировании рассматриваемых в диссертации проблем, их нельзя считать независимыми, т.е. необходим учет связанности этих процессов.

4. В формуле (18) автореферата делается вывод, который справедлив только для сжимаемых материалов, т.к. соответствующий коэффициент для несжимаемого материала обращается в ноль.

5. В работе не использовался метод конечных элементов, с помощью которого можно решать задачи, связанные с определением напряженно-деформируемого состояния в условиях, когда свойства деформируемой среды произвольные по пространству и времени.

6. В работе разработаны математические методы и модели расчета вынужденных деформаций, а в диссертации и автореферате говорится только о разработке математического метода в единственном числе.

7. На некоторых рисунках нет четкого указания единиц измерения

осей координат, что затрудняет понимание результатов, изображенных в виде графиков.

Общая оценка работы

Несмотря на указанные недостатки и замечания, диссертация Агаханова Гаджи Элифхановича представляет собой законченную научную квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. Научная новизна, обоснованность и достоверность полученных результатов, а также их теоретическая и практическая значимость позволяют считать, что диссертация «Математическое моделирование физических воздействий в деформируемых средах с учетом ползучести» удовлетворяет требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Агаханов Гаджи Элифханович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Вычислительная математика» ФГБОУ ВО «КБГУ им. Х.М. Бербекова» (протокол № 5 от 30.11.2016 года).

Профессор кафедры
«Вычислительная математика»
ФГБОУ ВО «КБГУ
им. Х.М. Бербекова», д.т.н.

Ошхунов Мурад
Музафарович

Профессор кафедры
«Вычислительная математика»
ФГБОУ ВО «КБГУ
им. Х.М. Бербекова», д.ф.-м.н.

Шхануков-Лафишев
Мухамед Хабалович

И.о. зав.кафедрой
«Вычислительная математика»
ФГБОУ ВО «КБГУ
им. Х.М. Бербекова»,
к.ф.-м.н., доцент

Бечелова Аминат
Расуловна

Контактная информация:

Адрес: 360004, КБР, Шхунженского, 173

Телефон/Факс: (8102)

E-mail: bsk@kbsi

Подписи Ошхунова М.М., Шханукова-Лафишева М.Х. и Бечеловой А.М. заверяю

ПОДПИСЬ

ЗАВЕРЯЮ

ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИК
УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВОГО
ПРАВОВОГО И ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА
КБГУ

