На правах рукописи

Семенов Кирилл Тихонович

ДИССИПАТИВНЫЕ РАЗРЫВЫ И АВТОМОДЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ В ДИНАМИКЕ НЕОБРАТИМО СЖИМАЕМЫХ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

01.02.04 – механика деформируемого твердого тела

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

Владивосток – 2010

Работа выполнена в Институте автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения РАН

Научный руководитель:	чл.-корр. РАН, доктор физико-математических наук, профессор Буренин Анатолий Александрович
Официальные оппоненты:	доктор физико-математических наук, профессор Шитикова Марина Вячеславовна
	доктор технических наук, профессор Сыгуров Петр Николаевич
Ведущая организация:	Институт вычислительного моделирования СО РАН

Защита состоится «23» ноября 2010 года в 14.00 часов на заседании диссертационного совета ДМ005.007.02 в Институте автоматики и процессов управления ДВО РАН по адресу: 690041, г. Владивосток, ул. Радио, 5, аудитория 510. E-mail: dm00500702@iacp.dvo.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института автоматики и процессов управления ДВО РАН.

Автореферат разослан «22» октября 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат физико-математических наук О.В.Дудко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации продиктована необходимостью первоначальных сведений о поверхностях разрывов необратимых деформаций при постановке краевых задач динамики упругопластических сред. Если в случае пластически несжимаемых материалов такими сведениями фундаментальная механика неупругого деформирования располагает, то при модельном учете их необратимой сжимаемости имеющихся сведений совершенно недостаточно. На движущихся в среде поверхностях разрывов деформаций необходимо поставить краевые условия для систем дифференциальных уравнений динамики, поэтому при постановке краевых задач важно знать условия возникновения возможных поверхностей разрывов в зависимости от предварительных напряженных состояний, вычислять скорости движения возникающих поверхностей разрывов. Некоторые ответы на подобные вопросы при кусочно-линейных условиях пластичности, учитывающих пластическую сжимаемость материалов, даны в настоящей диссертации.

Цель данной работы состоит в получении условий возникновения и закономерностей распространения диссипативных поверхностей разрывов в необратимо сжимаемых упругопластических средах при кусочно-линейных условиях пластичности; в постановке и решении ряда автомодельных краевых задач в рамках исследуемой модели пластической сжимаемости.

Научная новизна полученных результатов связана с тем, что впервые изучены условия возникновения диссипативных разрывов в упругопластических средах, когда снимается классическое ограничение о пластической несжимаемости материала. При этом оказалось, что число различных типов поверхностей разрывов, по сравнению с классическим случаем, существенно возрастает, скорости распространения возможных поверхностей разрывов становятся отличными от случая пластической несжимаемости. Классическое решение Блейха-Нельсона обобщается на случай, когда допускается необратимое изменение объема. Впервые приведена постановка плоской автомодельной задачи о косом ударе жестким телом по пластически сжимаемому полупространству и получено ее замкнутое решение.

Достоверность полученных результатов определяется использованием классических подходов механики деформируемого твердого тела при математическом моделировании динамики необратимого деформирования среды.

Практическая значимость результатов диссертации определяется потребностью инженерной практики в расчетах технологических приемов, связанных с импульсными или ударными воздействиями на необратимо деформируемые материалы (скоростная штамповка, пробивание отверстий и др.). Расчетная необходимость в постановках модельных задач динамики деформирования диктует потребность в предварительных сведениях об условиях возникновения разных типов разрывов деформаций, о скоростях их продвижений и др.

Публикации по работе. По теме диссертации опубликовано 7 работ, список которых приводиться в конце автореферата.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы из 96 наименований. Общий объем работы 101 страница, в том числе 32 рисунка, включенных в текст.

Апробация результатов диссертации. Отдельные результаты диссертации докладывались и обсуждались на Дальневосточной математической школе-семинаре им. академика Е.В. Золотова (г. Владивосток, 2008, 2010), Всероссийской конференции «Успехи механики сплошных сред», приуроченной к 70-летию академика В.А. Левина (г. Владивосток, 2009), на III сессии Научного совета РАН по механике деформируемого твердого тела (г. Саратов, 2009). Диссертация в целом докладывалась на объединенном семинаре «Механика сплошных сред» лаборатории механики деформируемого твердого тела ИАПУ ДВО РАН под руководством чл.-корр. РАН А.А. Буренина.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение к работе содержит краткий обзор литературы, описывающий тематику предпринятого исследования. Особое внимание уделено работам, посвященным изучению распространения упругопластических волн, динамике грунтов, построению математических моделей упругопластических сред. Отмечено важное значение работ отечественных ученых Рахматулина Х.А., Шапиро Г.С., Быковцева Г.И., Григоряна С.С., Кукуджанова В.Н., Чернышева А.Д., Сыгурова П.Н., Веревейко Н.Д., Баскакова В.А., Скобеева А.М., Кретовой Л.Д., Жубаева Н.Ж., Садовского В.М., Быковцева А.Г., Каменярржа Я.А. и др. Показан значительный вклад в развитие теории волн в упругопластических средах Манделя Д., Хилла Р., Томаса Т., Шилда Р., Блейха Г.Г., Нельсона Дж., Перссона К.О. и др. Здесь же сформулированы цель работы, ее научная новизна, представлено содержание диссертации по главам.

В первой главе диссертации рассматриваются основные соотношения упругопластической среды при малых деформациях. Описываются зависимости на поверхностях разрывов, накладывающие ограничения на изменения величин, претерпевающих разрыв. Рассматривается вопрос о неизменности главных направлений тензора напряжения при переходе через поверхность разрыва.

Модель идеального упругопластического тела в малых деформациях описывается в § 1.1 посредством следующих соотношений

$$\begin{gathered} e_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i}) = e^e_{ij} + e^p_{ij}, \quad \sigma_{ij} = \lambda e^e_{kk}\delta_{ij} + 2\mu e^e_{ij}, \\ f^{(s)}(\sigma_{ij}) = k, \quad \varepsilon^p_{ij} = \dot{e}^p_{ij} = \sum_{s=1}^{n} \psi_s \frac{\partial f^{(s)}}{\partial \sigma_{ij}}, \quad \sigma_{ij,j} + \rho\chi_i = \rho\dot{v}_i, \end{gathered} \tag{1}$$

где σ_{ij}, u_i, v_i, e_{ij}, e^e_{ij}, e^p_{ij}, ε^p_{ij} – компоненты тензора напряжений, векторов перемещений и скоростей точек среды, тензора малых деформаций и его упругих и пластических составляющих, тензора скоростей пластических деформаций соответственно; λ и μ – параметры Ламе; k – константа, определяющая предел текучести при чистом сдвиге идеально-пластической среды; ρ – плотность среды; δ_{ij} – символ Кронекера; χ_i – вектор плотности распределения массовых сил; точкой обозначена производная функции по времени; f – функция, задающая поверхность текучести (пластический потенциал); ψ_s – неизвестные строго положительные функции кинематических переменных.

В § 1.2 рассматривается вопрос об условиях совместности разрывов (геометрических, кинематических и динамических), которые описываются следующими соотношениями:

$$
\begin{gathered}
[f_{,i}] = [f_{,j}]\nu_j\nu_i + g^{\alpha\beta}[f]_{,\alpha}x_{i,\beta}, \quad [\dot{f}] = -G[f_{,j}]\nu_j + \frac{\delta[f]}{\delta t}, \quad x_{i,\alpha} = \frac{\partial x_i}{\partial y_\alpha}, \\
[\rho(\upsilon_j\nu_j - G)] = 0, \quad [\sigma_{ij}]\nu_j = \rho^+(\upsilon_j^+\nu_j - G)[\upsilon_i], \\
\sigma_{ij}^+\nu_j[\upsilon_i] = \rho^+(\upsilon_j^+\nu_j - G)\left(\frac{[\upsilon_i][\upsilon_i]}{2} + [e]\right) - [q_i]\nu_j.
\end{gathered} \tag{2}
$$

Здесь квадратными скобками обозначен скачок функции на поверхности разрывов: $[m] = m^+ - m^-$, где m^+ и m^- – значения функции перед и за фронтом поверхности разрывов соответственно; y_β – криволинейные координаты на поверхности разрывов; $g_{\alpha\beta} = x_{i,\alpha}\,x_{i,\beta}$, $g^{\alpha\beta}$ – компоненты ковариантного и контравариантного метрических тензоров поверхности Σ, движущейся со скоростью G в направлении своей единичной нормали $\bar{\nu}$ с компонентами ν_i; $\dfrac{\delta}{\delta t}$ – дельта-производная функции по времени.

Обобщение принципа максимума Мизеса на диссипативный процесс на поверхности разрыва приводится в § 1.3, следствием чего, в условиях принятой модели (1), является неизменность главных направлений тензора напряжений при переходе через поверхность разрывов.

Во второй главе диссертации рассмотрена математическая модель упругопластического деформирования при произвольном кусочно-линейном условии пластичности. Получены условия возникновения и закономерности распространения диссипативных разрывов в подобных средах.

Для произвольной грани замкнутой кусочно-линейной поверхности текучести можно записать

$$\alpha_1\,\sigma_1 + \alpha_2\,\sigma_2 + \alpha_3\,\sigma_3 = k, \tag{3}$$

где σ_i – главные значения тензора напряжений. Ребро поверхности текучести будет задано системой уравнений

$$\begin{cases} \alpha_1\,\sigma_1 + \alpha_2\,\sigma_2 + \alpha_3\,\sigma_3 = k, \\ \beta_1\,\sigma_1 + \beta_2\,\beta_2 + \beta_3\,\sigma_3 = k. \end{cases} \tag{4}$$

В соотношениях (3) и (4) коэффициенты α_i и β_i $(i = 1, 2, 3)$ – постоянные, связанные с выбором конкретной грани или конкретного ребра. Эти постоянные становятся известными при выборе конкретного условия нагружения (например, Кулона-Мора и т.д.)

В процессе получения решений предполагается, что единственным диссипативным процессом, допускаемым средой, включая также процессы на ударной волне, является пластическое течение. Также полагается, что поверхность разрыва является тонким переходным слоем шириной $2h$, а вектор единичной нормали к поверхности разрывов сонаправлен с положительным направлением оси x_3. Так как толщина переходного слоя считается малой, а характер ударного перехода связан с резким изменением параметров движения среды в зависимости от нормальной к волне координаты x_3, то следуя условиям Адамара считаем, что производными функций по x_1 и x_2 в записи уравнений движения точек среды в переходном слое можно пренебречь по сравнению с производными по x_3. Данное обстоятельство позволяет получить одномерную систему уравнений, описывающую движение среды в ударном фронте.

Изучению условий возникновения и закономерностей распространения диссипативных разрывов при условии пластичности, соответствующему грани поверхности текучести (3), посвящен § 2.1. Положим, что в среде при выбранных условиях распространяется поверхность разрывов. Тогда используя соотношения (1), (3) получим систему уравнений в разрывах

$$-c\left([\sigma_1]\, l_i l_j + [\sigma_2]\, m_i m_j + [\sigma_3]\, n_i n_j\right) - \lambda\, \delta_{ij}\, [\upsilon_3] -$$

$$-\mu\left([\upsilon_i]\, \nu_j + [\upsilon_j]\, \nu_i\right) + \theta_{ij} = 0,$$

$$(\mu - \rho\, c^2)\, [\upsilon_i] + (\lambda + \mu)[\upsilon_3]\, \nu_i - \theta_{i3} = 0, \tag{5}$$

$$\theta_{ij} = \lambda\, \Phi\, \delta_{ij}(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3) + 2\, \mu\, \Phi\left(\alpha_1\, l_i l_j + \alpha_2\, m_i m_j + \alpha_3\, n_i n_j\right),$$

$$\alpha_1\, [\sigma_1] + \alpha_2\, [\sigma_2] + \alpha_3\, [\sigma_3] = 0,$$

где $\Phi = \int\limits_{-h}^{h} \Psi\, dx_3$; l_i, m_i и n_i – направляющие косинусы главных осей тензора напряжений.

Система (5) является системой нелинейных уравнений и получение ее решений, в принципе, нетривиально. Однако, данную систему можно представить в виде множества систем линейных уравнений, причем каждая из таких линейных систем характеризуется определенным набором направляющих косинусов l_i, m_i, n_i. Именно этот набор направляющих косинусов и определяет возможность возникновения диссипативного разрыва.

В § 2.2 рассматривается поведение диссипативных разрывов при условии пластичности, соответствующему ребру поверхности текучести (4). Из соотношений (1), (4) можно вывести систему уравнений, описывающую необратимое деформирование в случае, когда напряжения соответствуют ребру поверхности текучести:

$$-c\left([\sigma_1]\, l_i l_j + [\sigma_2]\, m_i m_j + [\sigma_3]\, n_i n_j,\right) - \lambda\, \delta_{ij}\, [\upsilon_3] -$$

$$-\mu\left([\upsilon_i]\, \nu_j + [\upsilon_j]\, \nu_i\right) + \eta_{ij} = 0,$$

$$(\mu - \rho\, c^2)\, [\upsilon_i] + (\lambda + \mu)[\upsilon_3]\, \nu_i - \eta_{i3} = 0,$$

$$\eta_{ij} = \lambda\, \delta_{ij}(\Phi_1\, (\alpha_1 + \alpha_3 + \alpha_3) + \Phi_2\, (\beta_1 + \beta_3 + \beta_3)) + \tag{6}$$

$$+2\, \mu\, \Phi_1\left(\alpha_1\, l_i l_j + \alpha_2\, m_i m_j + \alpha_3\, n_i n_j\right) +$$

$$+2\, \mu\, \Phi_2\left(\beta_1\, l_i l_j + \beta_2\, m_i m_j + \beta_3\, n_i n_j\right),$$

$$\alpha_1\, [\sigma_1] + \alpha_2\, [\sigma_2] + \alpha_3\, [\sigma_3] = 0, \quad \beta_1\, [\sigma_1] + \beta_2\, [\sigma_2] + \beta_3\, [\sigma_3] = 0,$$

где $\Phi_1 = \int\limits_{-h}^{h} \Psi_1\, dx_3$, $\Phi_2 = \int\limits_{-h}^{h} \Psi_2\, dx_3$.

В процессе решения систем уравнений (5) и (6) установлено, что в рамках рассмотренной математической модели упругопластической среды для условий пластичности, соответствующих грани (3) и ребру (4) поверхности текучести, возможно существование продольных, поперечных и комбинированных диссипативных разрывов. Необходимым условием существования продольных разрывов является коллинеарность нормали к поверхности разрыва одному из главных направлений тензора напряжений. В случае поперечных и комбинированных разрывов необходимо, чтобы нормаль к поверхности разрыва была ортогональна одному из главных направлений тензора напряжений.

В § 2.3 в качестве примера использования математической модели, рассмотренной в первом и втором параграфе второй главы, изучается поведение диссипативных разрывов при условиях пластичности, соответствующих граням и ребрам пирамиды Ишлинского-Ивлева:

$$\max_i |\sigma_i - \sigma| + q\sigma = \frac{2}{3}k, \tag{7}$$

где $\sigma = \dfrac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$, q – константа материала.

Поверхность текучести (7) – это пирамида в пространстве главных напряжений. Ее основанием является шестиугольник максимального приведенного касательного напряжения. Слагаемое $q\sigma$ отвечает за объемное деформирование материала.

Отметим, что учет пластической сжимаемости в соотношении (7) приводит не только к уточнениям значений для скоростей продвижения поверхностей разрывов, но и увеличивает число возможных разрывов, которые могут распространяться с разными скоростями. Так, например, из условия пластичности (7) следует возможность существования семи продольных ($[v_1] = [v_2] = 0$, $[v_3] \neq 0$) диссипативных разрывов. Скорости продвижения этих поверхностей определяются соотношениями

$$c^2 = \frac{\mu}{\rho}\,\frac{(3\lambda+2\mu)(q\pm 1)^2}{q^2(3\lambda+2\mu)+3\mu}, \quad c^2 = \frac{4}{3}\,\frac{(2\,\mu+3\,\lambda)\,(q\pm 1)^2\,\mu}{\rho\,(2\,\mu\,q^2+4\,\mu+3\,\lambda\,q^2)},$$

$$c^2 = \frac{4}{3}\,\frac{\mu\,\left(3\,\lambda\,q^2 \pm 3\,\lambda\,q + 3\,\lambda + 2\,\mu\,q^2 \pm 2\,\mu\,q + 5\,\mu\right)}{\rho\,(2\,\mu\,q^2+4\,\mu+3\,\lambda\,q^2)}, \quad c^2 = \frac{\mu}{\rho}\,\frac{3\lambda+2\mu}{q^2(3\lambda+2\mu)+3\mu}.$$

При исключении пластической сжимаемости ($q = 0$) получаем известные в литературе значения: $c^2 = \dfrac{3\lambda+2\mu}{3\rho}, \quad c^2 = \dfrac{3\lambda+5\mu}{3\rho}$.

Более интересным оказывается случай существования диссипативных комбинированных разрывов ($[v_1] \neq 0$, $[v_2] = 0$ и $[v_3] \neq 0$), движущихся со скоростями, меньшими скорости упругой сдвиговой волны. Для скоростей распространения таких разрывов имеем два возможных значения:

$$c^2 = \frac{(2\,\mu+3\,\lambda)\,(q\pm 1)^2\,\mu}{\rho\,(3\,\lambda\,q^2 \pm 6\,\lambda\,q + 12\,\lambda + 2\,\mu\,q^2 \pm 4\,\mu\,q + 11\,\mu)}.$$

При стремлении q к нулю (переход к пластической несжимаемости) для скоростей продвижения данных разрывов получаем одно значение, ранее неизвестное в литературе: $c^2 = \dfrac{\mu}{\rho}\,\dfrac{3\lambda+2\mu}{12\lambda+11\mu}$.

В § 2.4 описываются диссипативные разрывы при условиях пластичности, соответствующих граням и ребрам пирамиды Кулона-Мора:

$$\frac{1}{2}\max_i|\sigma_i - \sigma_j| + q\sigma = k, \tag{8}$$

которая, как и условие (7), тоже определяет пластически сжимаемую среду. Поверхность текучести (8) – это пирамида в пространстве главных напряжений, основанием которой в девиаторной плоскости является шестиугольник Треска.

При заданном условии пластичности (8) возможно существование пяти продольных ($[v_1] = [v_2] = 0$, $[v_3] \neq 0$) диссипативных разрывов, значения скоростей которых приведены ниже:

$$c^2 = \frac{1}{3}\,\frac{\mu\,\left(12\,\lambda\,q^2 \pm 18\,\lambda\,q + 9\,\lambda + 8\,\mu\,q^2 \pm 12\,\mu\,q + 9\,\mu\right)}{\rho\,\left(2\,\mu\,q^2 + 3\,\mu + 3\,\lambda\,q^2\right)},$$

$$c^2 = \frac{1}{3}\,\frac{\mu\,\left(3\,\lambda + 2\,\mu\right)\left(3 + 2\,q\right)^2}{\rho\,\left(9\,\mu + 8\,\mu\,q^2 + 12\,q^2\lambda\right)},\quad c^2 = \frac{1}{3}\,\frac{\mu\,\left(12\,\lambda\,q^2 + 9\,\lambda + 8\,\mu\,q^2 + 18\,\mu\right)}{\rho\,\left(2\,\mu\,q^2 + 3\,\mu + 3\,\lambda\,q^2\right)},$$

$$c^2 = \frac{1}{3}\,\frac{\mu\,\left(48\,q^2\lambda + 18\,\mu - 48\,\mu\,q + 32\,\mu\,q^2 + 27\,\lambda - 72\,\lambda\,q\right)}{\rho\,\left(9\,\mu + 8\,\mu\,q^2 + 12\,q^2\lambda\right)}.$$

Если исключить пластическую сжимаемость, то получим скорости распространения диссипативных разрывов, известные в классической теории: $c^2 = \dfrac{\lambda + \mu}{\rho}$, $c^2 = \dfrac{\lambda + 2\,\mu}{\rho}$, $c^2 = \dfrac{3\,\lambda + 2\,\mu}{3\,\rho}$.

В случае комбинированных диссипативных разрывов, значения для их скоростей распространения определяются следующими соотношениями:

$$c^2 = \frac{\left(2\,\mu + 3\,\lambda\right)\left(2\,q \pm 3\right)^2\mu}{\rho\,\left(12\,\lambda\,q^2 \pm 36\,\lambda\,q + 36\,\lambda + 8\,\mu\,q^2 \pm 24\,\mu\,q + 27\,\mu\right)}.$$

При отсутствии в соотношениях пластической сжимаемости ($q = 0$) получим известное в литературе значение скорости распространения поверхности разрывов: $c^2 = \dfrac{\mu\,(3\,\lambda + 2\,\mu)}{\rho\,(4\,\lambda + 3\,\mu)}$.

Имеется еще одно особое решение, описывающее комбинированный разрыв:

$$c^2 = \frac{\left(2\,\mu + 3\,\lambda\right)q^2\mu}{\rho\,\left(3\,\lambda\,q^2 + 9\,\lambda + 2\,\mu\,q^2 + 9\,\mu\right)},\quad \Phi = 3\,\frac{[\upsilon_3]\,(\lambda + \mu)}{q\,(2\,\mu + 3\,\lambda)}.$$

Заметим, что отмечаемая поверхность разрыва невозможна при исключении пластической сжимаемости.

Третья глава диссертации посвящена постановкам и решениям автомодельных краевых задач динамики идеального упругопластического тела. Приводятся решения одномерной и плоской автомодельных задач. На таких примерах изучаются особенности процесса распространения граничных возмущений по упругопластической среде. Отличительной особенностью строящихся решений от известных является то, что материал считается пластически сжимаемым, это обеспечивается выбором соответствующих поверхностей текучести в виде пирамиды Ишлинского-Ивлева (7) или пирамиды Кулона-Мора (8).

Согласно уравнениям, описывающим поведение среды, изменение упругих деформаций происходит на ударных волнах, распространяющейся со скоростями $c^2 = \dfrac{\lambda + 2\mu}{\rho}$ и $c^2 = \dfrac{\mu}{\rho}$. Показано, что изменение пластических деформаций осуществляется посредством простых волн Римана, т.е. в некотором слое $(\xi^-; \xi^+)$. Согласно полученным результатам, возможно существование двух простых волн: одна из них $(\xi_1^-; \xi_1^+)$ располагается между безвихревой и эквиволюмиальной ударными волнами, а другая $(\xi_2^+; \xi_2^-)$ – между эквиволюмиальной ударной волной и границей упругопластического полупространства. В процессе решения конкретной краевой задачи возможны случаи, когда одновременно существует два слоя с пластическими деформациями, либо только один (в зависимости от констант среды, начальных и граничных условий).

В § 3.1 рассмотрена одномерная автомодельная задача об ударе жестким телом по упругопластическому полупространству. При этом в рамках численного эксперимента показано, что пластическое деформирование осуществляется посредством только одного пластического слоя, расположенного между эквиволюмиальной ударной волной и границей упругопластического полупространства.

В § 3.2 приведено решение плоской автомодельной задачи о косом ударе жестким телом по упругопластическому полупространству, с условием пластичности, описываемом гранью поверхности текучести (8). При этом необратимое деформирование осуществлялось посредством двух пластических слоев (рис. 1).

На рис. 2 представлены графики изменения некоторых компонент тензора пластических деформаций на простой волне $(\xi_1^-; \xi_1^+)$.

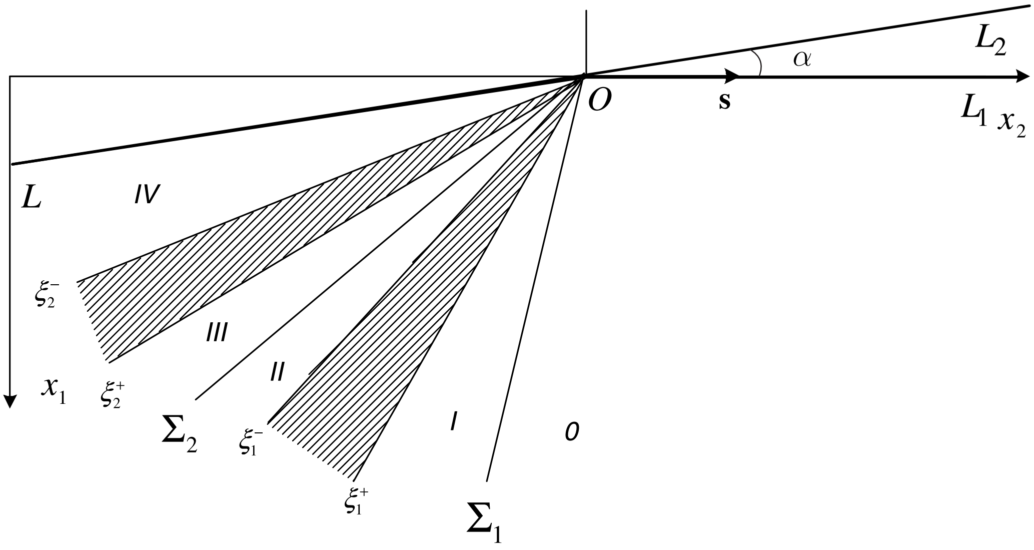

Рис.1 Волновая картина при косом ударе жестким телом по упругопластическому полупространству

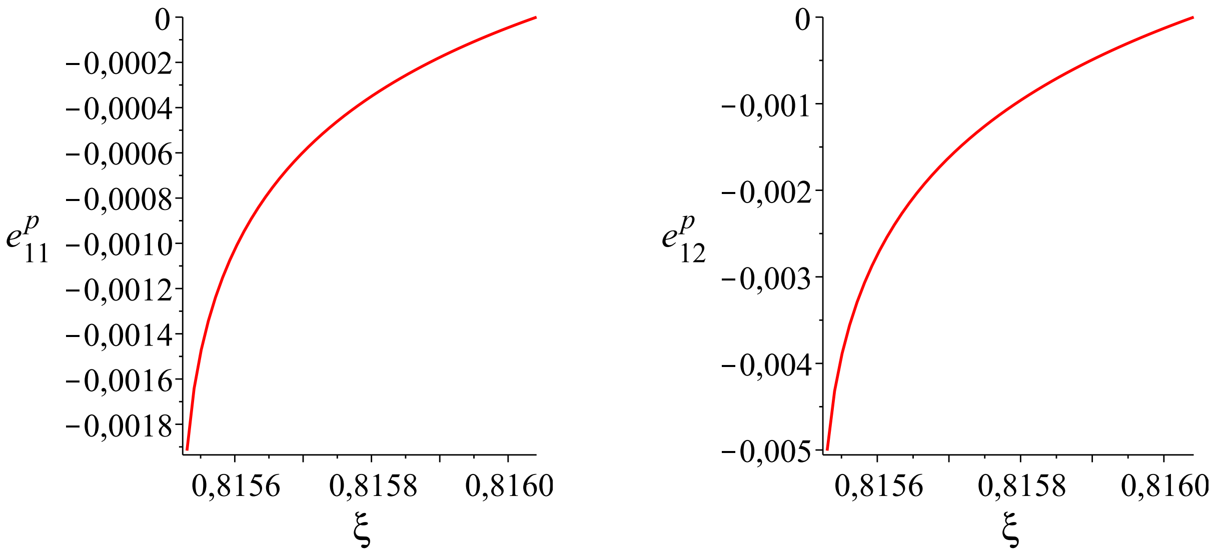

Рис.2 Изменение пластических деформаций в области простой волны

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ

1. Получены условия существования различных типов диссипативных разрывов в необратимо сжимаемых упругопластических средах в зависимости от вида напряженно-деформированного состояния среды и упругопластических свойств материала, связанных с различными кусочно-линейными условиями пластичности, частными случаями которых являются условия пластичности Кулона-Мора и Ишлинского-Ивлева.

2. Вычислены скорости продвижения возможных поверхностей разрывов в зависимости от упругих и пластических постоянных среды.

3. Поставлена и решена одномерная автомодельная задача динамики упругопластической среды: об ударе жестким телом по пластически сжимаемому полупространству, находящемуся в свободном состоянии.

4. В рамках пластической сжимаемости рассмотрена и решена плоская автомодельная задача о косом ударе жестким телом по свободному упругопластическому полупространству.

ПУБЛИКАЦИИ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ

1. Семенов К.Т. Поверхности разрывов деформаций в необратимо сжимаемых материалах // Вестник ЧГПУ имени И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельных состояний. Чебоксары: Изд-во ЧГПУ. 2007. №3. С. 126-141.

2. Буренин А.А., Дудко О.В., Семенов К.Т. Об условиях существования поверхностей разрывов необратимых деформаций в упругопластических средах // Прикл. механика и техн. физика. 2009. Т. 50. №5. С. 176-185.

3. Манцыбора А.А., Семенов К.Т. Одномерная автомодельная задача об ударе жестким телом по упруго-пластическому полупространству // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. 2009. Т. 9. Вып. 4, ч. 2. С. 136-142.

4. Манцыбора А.А., Семенов К.Т. Плоская автомодельная задача о деформировании упругопластического полупространства // XXXIII Дальневосточная математическая школа-семинар имени академика Е.В. Золотова: тезисы докладов. Владивосток, 29 августа – 4 сентября 2008 г. Владивосток: Изд-во Дальнаука. 2008. С. 221-222. ISBN 978-5-7442-1470-8.

5. Семенов К.Т., Дудко О.В. Диссипативные ударные волны в упругопластической среде при кусочно-линейных поверхностях нагружения //

XXXIII Дальневосточная математическая школа-семинар имени академика Е.В. Золотова: тезисы докладов. Владивосток, 29 августа – 4 сентября 2008 г. Владивосток: Изд-во Дальнаука. 2008. С. 231-232. ISBN 978-5-7442-1470-8.

6. Манцыбора А.А., Семенов К.Т. Одномерная автомодельная задача о деформации упругопластического полупространства // Успехи механики сплошных сред. Тезисы Всероссийской конференции, приуроченной к 70-летию академика В.А. Левина. Владивосток: Дальнаука, 2009. С. 93 – 94. ISBN 978-5-8044-0986-0.

7. Манцыбора А.А., Семенов К.Т. Описание диссипативных разрывов в пластически сжимаемых средах // Прикладные задачи механики деформируемого твердого тела и прогрессивные технологии в машиностроении: сб. статей: Комс.-на-Амуре: ИМиМ ДВО РАН. 2009 Вып.3. Часть 1. С. 176 - 189. ISBN 978-5-7442-1463-0.

Личный вклад автора. Работа [1] выполнена автором лично. В работах [3, 4, 6, 7] автор участвовал в постановке краевых задач и проведении аналитических вычислений, также автором были выполнены все численные расчеты. В работах [2, 5] автором были получены ограничения на предварительные напряжения, при которых существуют диссипативные разрывы, вычислены скорости их продвижения.

СЕМЕНОВ Кирилл Тихонович

ДИССИПАТИВНЫЕ РАЗРЫВЫ И АВТОМОДЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ
В ДИНАМИКЕ НЕОБРАТИМО СЖИМАЕМЫХ
УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Автореферат

Подписано к печати 20.10.2010 г. Усл.п.л. 0.8 Уч.-изд.л. 0.7
Формат 60*84/16. Тираж 100. Заказ 34.

Издано ИАПУ ДВО РАН. Владивосток, Радио, 5.

Отпечатано участком оперативной печати ИАПУ ДВО РАН.

Владивосток, Радио, 5.