

О КОНЕЧНОМ ПЕРЕМЕЩЕНИИ
УПРУГОВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА В ЗАЗОРЕ
МЕЖДУ ДВУМЯ ЖЕСТКИМИ КОАКСИАЛЬНЫМИ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ*)

Л. В. Ковтанюк, Г. Л. Панченко

В рамках теории больших деформаций получено решение краевой задачи о течении упруговязкопластического материала в зазоре между двумя жесткими коаксиальными цилиндрическими поверхностями под действием изменяющегося со временем перепада давления. Предполагается, что на обеих поверхностях возможно проскальзывание материала. Рассмотрены обратимое деформирование, развитие вязкопластического течения при увеличивающемся и постоянном перепаде давления, торможение течения при уменьшающемся перепаде давления и разгрузка среды.

Ключевые слова: большие деформации, вязкость, пластичность, упругость.

DOI 10.17377/sivjim.2018.21.103

Точные решения задач антиплоского пластического течения в рамках модели Шведова — Бингама были получены неоднократно [1–4]. Также разработаны довольно универсальные методы расчетов вязкопластических течений [5, 6]. Отказ от предположения о недеформируемости среды в застойных зонах или составляющей жесткие ядра приводит к существенному усложнению математического моделирования ее течений. Деформации в таких областях являются обратимыми, поэтому постановка краевых задач должна осуществляться в перемещениях. Однако в областях течения задача решается в скоростях перемещений. Выполнение условий непрерывности скоростей и напряжений на границах областей оказывается недостаточным и может приводить к ошибочным решениям [7]. Поэтому необходимо, чтобы выполнялись условия непрерывности перемещений, хотя вычислить перемещения в областях течения бывает сложно [8]. Моделирование процесса течения должно осуществляться в больших деформациях, так как хотя бы необратимые деформации нельзя считать малыми. Моделей больших упругопластических деформаций предложено достаточно много начиная с первой геометрически непротиворечивой [9]. Отметим некоторые отечественные работы [10–13]. Мы будем использовать математическую модель, предложенную в [14] и подробно описанную в [15]. Данная модель отвечает классическим требованиям к упругопластической модели: необратимые деформации в процессе разгрузки изменяются так же, как и при жестком движении тела, напряжения в среде полностью определяются обратимыми деформациями, разгрузочное состояние не зависит от пути разгрузки в пространстве напряжений. Эти требования не являются обязательными, но их формулировка в виде гипотез значительно упрощает модель больших упругопластических деформаций и позволяет получить решения краевых задач об

*) Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 16-31-60017 мол.а.дк).

ЛИТЕРАТУРА

1. Мясников В. П. Некоторые точные решения для прямолинейных движений вязкопластической среды // Прикл. механика и техн. физика. 1961. № 2. С. 54–60.
2. Быковцев Г. И., Чернышов А. Д. О вязкопластическом течении в некруговых цилиндрах при наличии перепада давления // Прикл. механика и техн. физика. 1964. № 4. С. 94–96.
3. Огибалов П. М., Мирзаджанзаде А. Х. Нестационарные движения вязкопластических сред. М.: Изд-во МГУ, 1970.
4. Георгиевский Д. В. Жесткие зоны в статически определимых и неопределимых задачах вязкопластического течения // Проблемы механики деформируемых твердых тел и горных пород. М.: Физматлит, 2006. С. 135–141.
5. Дюво Г., Лионс Ж.-Л. Неравенства в механике и физике. М.: Наука, 1980.
6. Мосолов П. П., Мясников В. П. Механика жесткопластических сред. М.: Наука, 1981.
7. Ивлев Д. Д. Из истории дискуссий в механике. Три дискуссии // Теор. и прикл. механика. Минск: изд. БНТУ, 2012. Вып. 27. С. 5–10.
8. Ивлев Д. Д. Об определении перемещений в упругопластических задачах теории идеальной пластичности // Успехи механики деформируемых сред. М.: Наука, 1975. С. 236–240.
9. Lee E. H. Elastic-plastic deformation at finite strains // Trans ASME. Ser. E. J. Appl. Mech. 1969. V. 36, N 1. P. 1–6.
10. Левитас В. И. Большие упругопластические деформации материалов при высоком давлении. Киев: Наук. думка, 1987.
11. Мясников В. П. Уравнения движения упругопластических материалов при больших деформациях // Вестн. ДВО РАН. 1996. № 4. С. 8–13.
12. Чернышов А. Д. Определяющие уравнения для упругопластического тела при конечных деформациях // Изв. РАН. МТТ. 2000. № 1. С. 120–128.
13. Роговой А. А. Определяющие соотношения для конечных упруго-неупругих деформаций // Прикл. механика и техн. физика. 2005. Т. 46, № 5. С. 138–149.
14. Буренин А. А., Быковцев Г. И., Ковтанюк Л. В. Об одной простой модели для упруго-пластической среды при конечных деформациях // Докл. АН СССР. 1996. Т. 347, № 2. С. 199–201.
15. Буренин А. А., Ковтанюк Л. В. Большие необратимые деформации и упругое послепействие. Владивосток: Дальнаука, 2013.
16. Ковтанюк Л. В. О продавливании упруговязкопластического материала через жесткую круговую цилиндрическую матрицу // Докл. АН. 2005. Т. 400, № 6. С. 764–767.
17. Буренин А. А., Ковтанюк Л. В., Устинова А. С. Вискозиметрическое течение несжимаемого упруговязкопластического материала при наличии смазки на граничных поверхностях // Сиб. журн. индустр. математики. 2012. Т. 15, № 2(50). С. 43–55.
18. Буренин А. А., Ковтанюк Л. В. Развитие и торможение течения упруговязкопластической среды в цилиндрической трубе // Прикл. математика и механика. 2013. Т. 77, вып. 5. С. 788–798.
19. Ковтанюк Л. В., Панченко Г. Л. Прямолинейное течение в упруговязкопластическом цилиндрическом слое в условиях возможного двустороннего проскальзывания // Изв. РАН. МТТ. 2016. № 2. С. 76–86.

Статья поступила 26 декабря 2016 г.

Ковтанюк Лариса Валентиновна

Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения РАН

ул. Радио, 5

690041 г. Владивосток

Панченко Галина Леонидовна

Институт машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения РАН

ул. Металлургов, 1

681005 г. Комсомольск-на-Амуре

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса

ул. Гоголя, 41

690014 г. Владивосток

E-mail: lk@iacp.dvo.ru; panchenko.21@yandex.ru