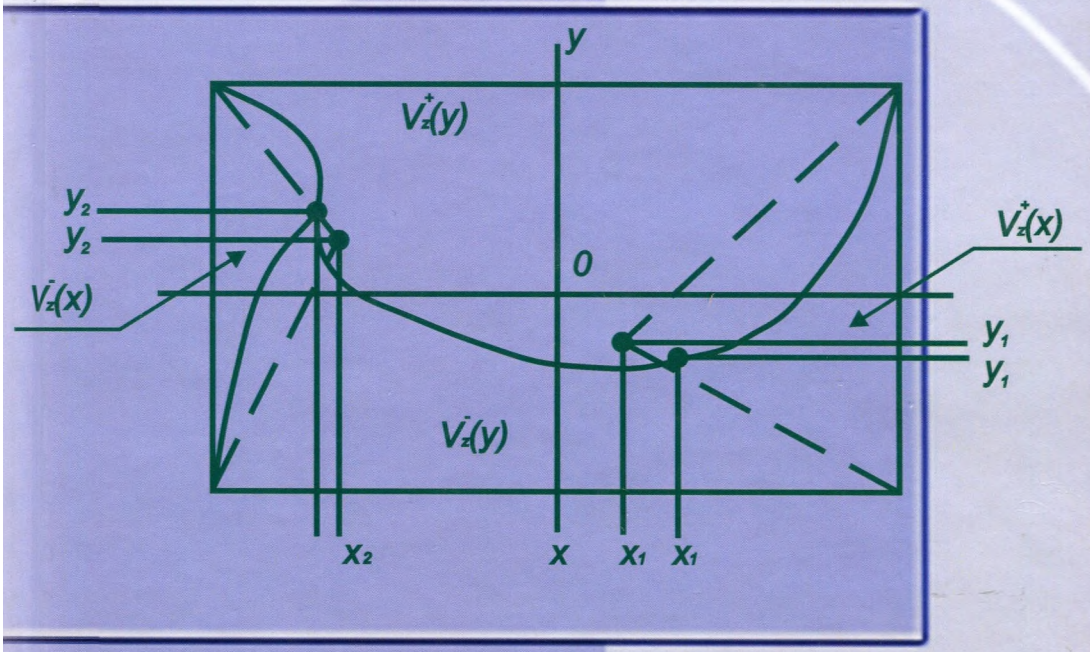
Л. Л. Товажнянський
Е. В. Білецький
Ю. А. Толчинський

Моделювання течії неньютонівських рідин у каналах базової геометрії



Харків 2013

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ НЕНЬЮТОНІВСЬКИХ РІДИН У КАНАЛАХ БАЗОВОЇ ГЕОМЕТРІЇ

МОНОГРАФІЯ

Л. Л. Товажнянський, Е. В. Білецький, Ю. А. Толчинський

Харків
2013

УДК 519.711:66-911.4
ББК 22.18+35
Т50

Рецензенти:
д-р техн. наук, проф., Ведь В.Е.
д-р фіз.-мат. наук, проф. Рабухін В.Б.

Рекомендовано вченою радою НТУ«ХПІ»
(протокол № 4 від 16.04.2013 р.).

Т50

Товажнянський Л . Л .
Моделювання течії неньютонівських рідин у каналах базової геометрії : монографія / Л. Л. Товажнянський, Е. В. Білецький; Ю. А. Толчинський . - Х.: НТУ«ХПІ», 2013. -319 с.

ISBN 978-617-578-131-9

Монографія висвітлює актуальну науково-технічну проблему - системний підхід до побудови математичних моделей течії неньютонівських матеріалів. Наведено тривимірні моделі опису течії в'язкопластичної, узагальнено-зрушеної рідин у каналах плаского та прямокутної геометрії у поздовжньому, поперечному та поздовжньо-поперечному напрямках. На підставі отриманих теоретичних залежностей розроблені методики інженерних розрахунків основних характеристик течії неньютонівських рідин.

Матеріал монографії буде корисним студентам, науковим співробітникам і практичним працівникам хімічних та харчових галузей промисловості.

УДК 519.711:66-911.4
ББК 22.18+35

© Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», 2013

ISBN 978-617-578-131-9

© Товажнянський Л. Л., Білецький Е.В**.,**
Толчинський Ю. А., 2013

ЗМІСТ

ВСТУП.....5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕЧІЇ В'ЯЗКИХ МАТЕРІАЛІВ..... 8
1.1 Сучасний стан проблеми течії неньютонівських рідин..... 8
1.2 Основні закономірності течії неньютонівських рідин..... 12
1.3 Особливості течії неньютонівських рідин в трубопроводах та каналах..... 19
1.4 Характеристика теплообміну при течії неньютонівських рідин.....35
1.5 Стан досліджень застосування високомолекулярних теплоносіїв у галузі реодинаміки..... 44
1.6 Теоретичне підґрунтя проведення наукових досліджень..... 54
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ НЕНЬЮТОНІВСЬКИХ ТЕЧІЙ.....59
2.1 Методика моделювання неньютонівських течій з використанням принципу суперпозиції течії меншої розмірності.....59
2.2 Методика моделювання в'язкопластичної течії шляхом побудови граничних умов для квазітвердої частини рідини..... 75
2.3 Моделювання течії за методом аналогії поміж ньютонівською і неньютонівською рідинами.....90
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ В'ЯЗКОПЛАСТИЧНОЇ РІДИНИ В КАНАЛІ.....97
3.1 Поздовжня течія в'язкопластичної рідини в пласкому каналі.....98
3.2 Поздовжня течія в'язкопластичної рідини в прямокутному каналі: система рівнянь для границь ядра.....107
3.3 Поздовжня течія в'язкопластичної рідини в прямокутному каналі: рішення системи рівнянь для визначених параметрів границь ядра.....119
3.4 Течія в'язкопластичної рідини в прямокутному каналі з поперечною циркуляцією.....137

3.5 Течія в'язкопластичної рідини, характеристики якої залежать від тиску, в пласкому каналі з поздовжніми граничними умовами..... 155
РОЗДІЛ 4. МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ УЗАГАЛЬНЕНО-ЗРУШЕНОЇ РІДИНИ В КАНАЛІ.....171
4.1 Напірна течія узагальнено-зрушеної рідини в пласкому каналі для монотонної та немонотонно! залежностей в'язкості від швидкості зрушення.....171
4.2 Поздовжня течія узагальнено-зрушеної рідини в пласкому каналі 188
4.3 Поздовжньо-поперечна течія узагальнено-зрушеної рідини у пласкому каналі 219
4.4 Поздовжня течія узагальнено-зрушеної рідини в прямокутному каналі.....232
4.5 Поздовжньо-поперечна течія узагальнено-зрушеної рідини в прямокутному каналі.....246
4.6 Течія узагальнено-зрушеної рідини, характеристики якої залежіть від тиску, в пласкому каналі з поздовжніми граничними умовами.....266
4.7 Течія узагальнено-зрушеної рідини, характеристики якої залежать від тиску, в пласкому каналі з поздовжньо-поперечними граничними умовами 280
ВИСНОВКИ..... 298
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 301