

Предисловие.....	8
Введение .....	10
<b>Часть 1. ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ</b>	
<b>Глава 1. Элементы тензорного исчисления.....</b>	<b>14</b>
1.1. Буквенные подстрочные индексы, соглашение о суммировании, символ Кронекера.....	14
1.2. Преобразование ортонормированного базиса .....	17
1.3. Полилинейные формы и тензоры.....	21
1.4. Действия над тензорами .....	26
1.5. Линейные преобразования векторного пространства и тензоры второй валентности.....	31
1.6. Собственные векторы и собственные значения линейного преобразования. Инварианты тензора второй валентности .....	38
1.7. Тензорное поле и его дифференцирование .....	43
<b>Глава 2. Теория напряженного и деформированного состояний</b>	<b>51</b>
2.1. Основные определения. Тензор напряжения .....	51
2.2. Главные нормальные напряжения. Девиатор напряжений. Инварианты.....	58
2.3. Круги Мора. Главные касательные напряжения.....	65
2.4. Дифференциальные уравнения движения .....	69
2.5. Кинематика деформируемой среды. Тензор скорости деформации.....	73
2.6. Траектория. Переменные Эйлера и Лагранжа. Ускорение. Дифференциальное уравнение неразрывности .....	84
2.7. Теория течения в приращениях перемещений.....	87
<b>Глава 3. Физические уравнения связи напряженного и деформированного состояний. Краевая задача теории пластичности ..</b>	<b>95</b>
3.1. Формулировка общих физических уравнений для изотропных материалов .....	96
3.2. Уравнения связи напряженного и деформированного состояний некоторых материалов.....	103
3.3. Первое начало термодинамики. Дифференциальное уравнение теплопроводности .....	111
3.4. Экспериментальная проверка основных гипотез, лежащих в основе физических уравнений.....	117
3.5. Система дифференциальных уравнений теории пластичности .....	123
3.6. Начальные и граничные условия для уравнений теории пластичности .....	127

3.7. Упрощения системы уравнений теории пластичности .....	135
3.8. Пластическая деформация толстостенной трубы .....	140
3.9. Остаточные напряжения в трубе. Теорема о разгрузке.....	143
3.10. Охлаждение катанки. Уравнения и функции Бесселя .....	147
3.11. Течение тонкого слоя по жестким поверхностям .....	156
<b>Глава 4. Плоская задача: метод линий скольжения и безвихре-</b>	
<b>вое течение несжимаемого материала .....</b>	<b>162</b>
4.1. Уравнение Генки и Гейрингер .....	162
4.2. Конечно-разностный метод решения уравнений Генки и Гейрингер.....	170
4.3. Условия на внешней и внутренней границах. Разрывы поля скоростей.....	176
4.4. Внедрение жесткого штампа в пластическое полупрост- ранство .....	183
4.5. Волочение с малыми обжатиями полосы через гладкую матрицу с прямыми образующими.....	188
4.6. Аналитический метод решения .....	197
4.7. Функции комплексного переменного, их дифференциро- вание и интегрирование .....	203
4.8. Конформные отображения .....	209
4.9. Плоское потенциальное течение.....	215
4.10. Деформированное состояние при выдавливании полосы....	220
4.11. Пакет программ МЕЛИСА для решения технологических задач методом линий скольжения .....	227
<b>Глава 5. Элементы вариационного исчисления .....</b>	<b>235</b>
5.1. Общие сведения .....	235
5.2. Необходимое условие экстремума функционала: уравне- ние Эйлера.....	241
5.3. Простейшая задача со свободными концами и задача с од- носторонней вариацией .....	245
5.4. Изопериметрическая задача — задача на условный экс- тремум.....	250
5.5. Сложные задачи вариационного исчисления .....	257
5.6. Прямые вариационные методы .....	261
<b>Глава 6. Вариационные методы теории пластичности .....</b>	<b>268</b>
6.1. Принцип виртуальных скоростей и напряжений.....	268
6.2. Функционал и вариационное уравнение принципа вирту- альных скоростей и напряжений .....	275
6.3. Минимальные свойства функционала принципа виртуаль- ных скоростей и напряжений .....	285
6.4. О единственности решения технологических задач теории пластичности.....	289
6.5. Принцип виртуальных перемещений и напряжений.....	293
6.6. Принцип виртуальных скоростей.....	297
6.7. Принцип виртуальных напряжений .....	307
6.8. Экстремальные и вариационные теоремы идеальной пла- стичности. Разрывные решения.....	316
6.9. Метод верхней и нижней оценки силы деформирования....	323
6.10. Принцип минимума полной мощности. Закон наименьше- го сопротивления.....	329

6.11. Разрывные решения для общей краевой задачи идеальной пластичности .....	339
6.12. Принцип виртуальных скоростей и напряжений для идеально пластичного несжимаемого материала и “сухого” трения.....	344
6.13. Напряженное и деформированное состояние при осадке параллелепипеда.....	353
6.14. Метод конечных элементов. Функционал Маркова. Теория пластического течения.....	362

## **Часть II. ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ**

<b>Глава 7. Теория пластичности в криволинейных косоугольных координатах .....</b>	<b>380</b>
7.1. Элементы тензорного исчисления в криволинейной косоугольной системе координат .....	381
7.2. Уравнения механики сплошных сред.....	394
7.3. Постановка краевой задачи механики обработки металлов давлением .....	410
7.4. Принцип виртуальных скоростей и напряжений. Интегрирование краевой задачи в пространстве.....	415
7.5. Некоторые общие теоремы принципа виртуальных скоростей и напряжений .....	428
7.6. Вариационный принцип для температурной части задачи. Приближенный метод решения общей краевой задачи механики твердого деформируемого тела .....	441
7.7. Примеры решения краевых задач об ударе упругого и пластического стержней о жесткую преграду .....	446
7.8. Ковка параллелепипеда .....	454
<b>Глава 8. Основы экспериментальных методов теории обработки металлов давлением .....</b>	<b>465</b>
8.1. Теория подобия и физического моделирования пластической деформации.....	465
8.2. Применение теории подобия и моделирования. Трудности моделирования .....	473
8.3. Анализ размерностей .....	481
8.4. Применение анализа размерностей к процессу прокатки полосы .....	487
8.5. Аппроксимация функциями опытных данных .....	491
8.6. Планирование экспериментов .....	497
8.7. Элементы математической статистики .....	506
8.8. Идентификация .....	515
<b>Глава 9. Экспериментальные методы теории обработки металлов давлением .....</b>	<b>527</b>
9.1. Тензометрия .....	527
9.2. Оптический метод исследования напряженного и деформированного состояний .....	534
9.3. Метод координатных (делительных) сеток .....	543
9.4. Визиопластичность. Метод муар .....	550
9.5. Аналоги .....	558

<b>Глава 10. Сопротивление металлов пластической деформации..</b>	<b>567</b>
10.1. Физические уравнения связи и сопротивление металлов пластической деформации.....	567
10.2. Методы определения сопротивления деформации металлов в холодном состоянии.....	571
10.3. Сопротивление деформации при высоких температурах....	579
10.4. Функционал сопротивления металла пластической деформации наследственного типа .....	586
10.5. Идентификация сопротивления металла пластической деформации .....	594
10.6. Физические уравнения связи для некомпактных материалов (порошков, гранул и т.п.).....	602
<b>Глава 11. Трение об инструмент при обработке металлов давлением .....</b>	<b>612</b>
11.1. Виды трения. Физико-химические особенности граничного трения.....	612
11.2. Механика граничного трения .....	617
11.3. Жидкостное трение и гидродинамический эффект смазки на примере волочения проволоки.....	625
11.4. Трение при прокатке. Элементы теории прокатки.....	639
11.5. Трение в других процессах обработки металлов давлением	651
11.6. Трение при обработке давлением некомпактных материалов	659
<b>Глава 12. Разрушение металлов и их пластичность .....</b>	<b>664</b>
12.1. Модель разрушения металла при развитом пластическом деформировании.....	665
12.2. Определяющие соотношения модели разрушения и ее адекватность.....	669
12.3. Модель теплового воздействия на микронарушения сплошности.....	683
12.4. Фрагментация тел при разрушении .....	691
12.5. Пластичность металла при горячей деформации.....	698
12.6. Примеры решения задач деформируемости без разрушения.....	704
12.7. Обобщение модели на другие случаи разрушения (усталость металлов при механическом и термоциклическом нагружении).....	713
<b>Глава 13. Оптимальное управление процессами обработки металлов давлением .....</b>	<b>718</b>
13.1. Элементы математического программирования .....	721
13.2. Оптимальное распределение деформаций на многократной проволоковолочильной машине со скольжением.....	730
13.3. Управление движением линейных систем .....	736
13.4. Оптимальное управление по быстродействию .....	740
13.5. Оптимальное быстродействие рольганга и главного привода реверсивного прокатного стана в отдельном пропуске	745
13.6. Оптимальное управление по наилучшему приближению к цели.....	756
13.7. Оптимальный нагрев металла в камерной печи.....	758
13.8. Оптимальное управление по расходу ресурсов на движение. Условие управляемости линейной системы .....	766

13.9. Реверсивная прокатка с оптимальным расходом электроэнергии .....	772
13.10. Динамическое программирование .....	777
13.11. Оптимальный по быстродействию режим работы реверсивного прокатного стана .....	783
Краткая историческая справка по главам .....	792
Рекомендательный библиографический список .....	824
Предметный указатель .....	828