

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
ВВЕДЕНИЕ	8
Глава 1. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ КВАЗИСТАЦИОНАРНОГО АЭРОТЕРМОХИМИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ГАЗОВОМ ПОТОКЕ	12
1.1. Объект исследований. Термическая деструкция связки	12
1.2. Гетерогенное химическое взаимодействие между двуокисью кремния и углеродом во внутренних слоях материала	20
1.3. Оплавление двуокиси кремния	24
1.4. Механический унос массы углерода и газообразных продуктов разрушения материала	31
1.5. Уравнение сохранения количества энергии	35
1.6. Сублимация конденсированных компонент материала со «стенки»	39
1.7. Гетерогенные химические реакции, протекающие на «стенке»	40
1.8. Унос массы двуокиси кремния со «стенки»	41
1.9. Унос масс конденсированного углерода со «стенки»	43
1.10. Корреляционная связь между скоростями разрушения конденсированных компонент материала	46
1.11. Система граничных условий на «стенке»	47
1.12. Система граничных условий на фронте первичного пиролиза связки	52
Глава 2. ТЕПЛО- И МАССООБМЕН НА ПОВЕРХНОСТИ СТЕКЛОГРАФИТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ГАЗОВОМ ПОТОКЕ. ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА В РЕАГИРУЮЩИХ СРЕДАХ	54
2.1. Термодинамический анализ химического состава газа на «стенке»	56
2.2. Химический состав газа на стенке	70
2.3. Критические значения безразмерной скорости разрушения материала	73
2.4. Об основных закономерностях механизма разрушения стеклографитовых материалов	78

2.5. Тепловой эффект физико-химических превращений на «стенке»	83
2.6. Анализ традиционных численных методов решения задач тепло- и массообмена рассматриваемого класса	89
2.7. Нетрадиционный численный метод решения задач тепло- и массообмена в реагирующих средах	90
Глава 3. МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НЕАВТОМОДЕЛЬНОГО КВАЗИСТАЦИОНАРНОГО АЭРОТЕРМОХИМИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИКА В НАБЕГАЮЩЕМ НА НЕГО ПОТОКЕ ГАЗА СЛОЖНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА	99
Глава 4. МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО ВЗАИМНО СОПРЯЖЕННОГО РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ, НАГРЕВА И ОБГАРА ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ, ЛЕТАЮЩИХ В ПЛОТНЫХ СЛОЯХ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ ПОД НУЛЕВЫМ УГЛОМ АТАКИ	111
4.1. Методология построения крупных программных комплексов	114
4.2. Комплексная методика расчета конвективного теплообмена и изменения формы тела	118
4.2.1. Расчет конвективного теплового потока	120
4.2.1.1. Расчет среднemasовых скоростей и энтальпий в пограничном слое	122
4.2.1.2. Определение месторасположения переходной области на поверхности тела	123
4.2.1.3. Расчет усиления интенсивности теплообмена за счет шероховатости «стенки»	126
4.2.2. Расчет изменения формы тела	127
4.2.3. Расчет прогрева и уноса массы тепловой защиты	128
4.2.4. Расчет аэродинамических и массово-инерционных характеристик изделия	129
Глава 5. ПРИМЕРЫ УСТАНОВЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЗМА АЭРОТЕРМОХИМИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ	131
5.1. Теоретическая модель процесса уноса массы стеклопластика	131
5.2. Анализ результатов испытаний стеклопластиков с фенольными связующими	138
5.3. Анализ результатов испытаний стеклопластика с эпоксидным связующим	147
5.4. Анализ результатов отработки стеклопластиков с фенольными связующими в условиях экспериментального моделирования натуральных условий	151
5.5. Анализ результатов отработки стеклопластика с эпоксидным связующим в условиях экспериментального моделирования натуральных условий	156

Глава 6. КОНВЕКТИВНЫЙ ТЕПЛООБМЕН И ТРЕНИЕ В ЛАМИНАРНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ	162
6.1. Предварительные сведения о пограничном слое	163
6.2. Дифференциальные уравнения ламинарного пограничного слоя	166
6.3. Вторая форма уравнения сохранения энергии	172
6.4. Теория подобия в применении к уравнениям пограничного слоя	175
6.5. Интегральные характеристики пограничного слоя	179
6.6. Приближенный метод расчета теплообмена и трения на плоской пластине при малых скоростях движения несжимаемой жидкости с использованием интегральных уравнений пограничного слоя ...	183
6.7. Теплообмен и трение на плоской пластине при больших скоростях движения газа	189
6.7.1. Распределение температуры и скорости в пограничном слое ...	189
6.7.2. Связь между трением и теплообменом	199
6.7.3. Строгое решение задачи расчета трения и теплообмена	201
6.8. Теплообмен в потоке газа с продольным градиентом давления ...	209
6.8.1. Подобные решения	210
6.8.2. Приближенные методы расчета теплообмена. Метод «эффективной длины»	212
Глава 7. КОНВЕКТИВНЫЙ ТЕПЛООБМЕН И ТРЕНИЕ В ТУРБУЛЕНТНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ	218
7.1. Переход от ламинарного режима течения газа в пограничном слое к турбулентному режиму течения	219
7.2. Осредненное и пульсационное движения	222
7.3. Дополнительные составляющие вязкости и теплопроводности газа в турбулентном потоке	224
7.4. Теория пути перемешивания	228
7.5. Универсальные законы распределения скорости и температуры в турбулентном пограничном слое	232
7.6. Коэффициент восстановления температуры	236
7.7. Турбулентный теплообмен на плоской пластине	238
7.7.1. Связь между трением и теплообменом	238
7.7.2. Теплообмен и трение в несжимаемой жидкости	240
7.7.3. Теплообмен и трение в сжимаемом газе	240
7.8. Турбулентный теплообмен в потоке газа с продольным градиентом давления	242
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	248
Литература к введению	248
Литература к главе 1	248
Литература к главе 2	252
Литература к главе 3	253