

## **Оглавление**

<b>Введение.....</b>	<b>6</b>
<b>Глава 1. Обзор методов учета влияния водорода на элементы конструкций .....</b>	<b>7</b>
1.1. Влияние водорода на механические свойства металлов.....	7
1.1.1. Низкотемпературное взаимодействие водорода с материалом.....	9
1.1.2. Водородная коррозия стальных конструкций .....	11
1.1.3. Инкубационный период .....	19
1.1.4. Фронт проникания агрессивной среды в объем конструктивного элемента .....	23
1.1.5. Показатели коррозии.....	26
1.1.6. Уравнение химического взаимодействия .....	28
1.2. Обзор моделей воздействия водорода на металлы.....	31
1.2.1. Основные модели деформирования и разрушения конструкций в условиях водородной коррозии .....	32
1.2.2. Обобщенная модель деформирования и разрушения конструкций в условиях водородной коррозии .....	42
1.3. Методы расчета конструкций с учетом воздействия водородной коррозии и неоднородного поля температур.....	44
<b>ГЛАВА 2. Построение и анализ моделей деформирования конструкций, подвергающихся совместному воздействию нагрузки, теплового поля и водородсодержащей среды .....</b>	<b>47</b>
2.1. Особенности влияния неоднородного поля температур на элементы конструкций.....	47
2.1.1. Влияние температуры на ползучесть элементов конструкций .....	47
2.1.2. Влияние температуры на механические свойства материалов конструктивных элементов.....	53

2.1.3. Влияние температуры на напряженно-деформированное состояние конструктивного элемента .....	57
2.2. Модель воздействия температуры .....	59
2.3. Модель воздействия водородсодержащей среды на конструктивный элемент с учетом влияния неоднородного поля температур .....	62
2.3.1. Распределение давления водорода по объему конструктивного элемента .....	62
2.3.2. Влияние распределения теплового и концентрационного полей по объему конструктивного элемента на поведение параметра химического взаимодействия .....	66
2.4. Модель деформирования материала в условиях воздействия высокотемпературной водородной коррозии .....	69
2.4.1. Линейное напряженное состояние .....	70
2.4.2. Сложное напряженное состояние .....	73
2.5 Моделирование поврежденности конструкций, находящихся в условиях водородной коррозии .....	74
2.5.1. Подходы к описанию поврежденности материала.....	75
2.5.2. Модель наступления предельного состояния.....	77

### **ГЛАВА 3. Применение метода конечных элементов к расчету конструкций, подвергающихся водородной коррозии в неоднородном поле температур.....82**

3.1. Основные положения применения метода конечных элементов в инженерных задачах .....	82
3.2. Сравнительный анализ программных комплексов, реализующих метод конечных элементов .....	85
3.3. Дополнительные макросы к программному комплексу ANSYS, позволяющие учитывать процесс водородной коррозии в неоднородном поле температур .....	88
3.4. Исследование модернизированного программного комплекса на ряде типовых задач.....	91
3.5. Влияние густоты сетки и мелкости временного шага на точность получаемых результатов .....	93

---

3.5.1. Исследование влияния густоты сетки на сходимость решения задачи теплопроводности .....	93
3.5.2. Исследование влияния густоты сетки на сходимость решения структурной задачи .....	94
3.5.3. Исследование влияния временного шага на точность получаемых результатов .....	98
3.6. Моделирование напряженно-деформированного состояния и разрушения толстостенного трубопровода в условиях водородной коррозии и неоднородного поля температур .....	99
3.6.1. Напряженно-деформированное состояние и разрушение толстостенного трубопровода, находящегося под внутренним давлением водорода .....	100
3.6.2. Напряженно-деформированное состояние и разрушение толстостенного трубопровода, находящегося под двусторонним давлением водорода .....	109
3.6.3. Длительная прочность цилиндрического конструктивного элемента при различных давлениях, температурах и режимах нагружения .....	111
<b>Заключение .....</b>	<b>113</b>
<b>Приложение 1 .....</b>	<b>114</b>
<b>Приложение 2 .....</b>	<b>119</b>
<b>Приложение 3 .....</b>	<b>126</b>
<b>Приложение 4 .....</b>	<b>135</b>
<b>Приложение 5 .....</b>	<b>138</b>
<b>Библиографический список .....</b>	<b>141</b>