ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

(ДВФУ)

На правах рукописи



КОВАЛЕНКО
Роман Геннадьевич

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ТИПА БОЛЬВЕРК

Специальность 05.23.07 - Гидротехническое строительство

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель чл.-кор. РААСН, проф., д-р техн. наук Беккер А.Т.

Санкт-Петербург 2012

ГЛАВА 1 ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ. 6

1. Типы конструкций 6
2. Методы оценки и прогнозирования надежности конструкций 8
3. Вероятностное моделирование коррозии 12
4. Роль численного моделирования в задачах технической диагностики 16
5. Обзор технического состояния причальных сооружений Дальнего Востока... 19
6. Закономерности коррозионных процессов 31
7. Выводы 42

**ГЛАВА 2 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ КОРРОЗИИ 44**

1. Проектная и эксплуатационная надежность 44
2. Оценка и прогнозирование эксплуатационной надежности ГТС с учетом

деградационных процессов 48

1. Подходы к описанию и моделированию морской коррозии стальных

конструкций ГТС 51

1. **Полиномиальная регрессионная модель коррозии 57**
2. **Вероятностная модель коррозии на основе дедуктивного подхода 60**
3. **Вероятностная модель коррозии на основе индуктивного подхода 62**
4. Учет напряжено-деформированного состояния шпунтовых стенок в моделях

коррозии 67

**ГЛАВА 3 ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МОРСКИХ ГТС НА ПРИМЕРЕ ШПУНТОВЫХ СТЕНОК 72**

1. Полиномиальная регрессионная модель коррозии шпунта 72
2. **Статистическая обработка и определение скоростей коррозии 72**
3. **Полиномиальная регрессионная модель коррозионного износа стального шпунта 75**
4. **Точность полиномиальной модели коррозии 79**
	1. Дедуктивная прогнозная модель коррозии шпунтовых стенок 82
		1. **Вероятностная модель коррозии шпунта 82**
		2. **Оценка качества вероятностной модели 91**
		3. **Уточнение вероятностной модели коррозии 92**
		4. **Адаптация вероятностной модели для прогнозирования разрушения стенок произвольной**

**толщины 99**

* + 1. **Коррозия шпунтовых стенок с учетом влияния защитных покрытий 101**
	1. Индуктивная прогнозная модель коррозии шпунтовых стенок 107
		1. **Бимодальное распределение 107**
		2. **Точность бимодальной вероятностной модели 110**

**ГЛАВА 4 МЕТОДИКА ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ БОЛЬВЕРКОВ С УЧЕТОМ КОРРОЗИИ 113**

1. Рекомендации по расчету и моделированию причальных сооружений с учётом

коррозионного износа 113

1. **Сравнение моделей прогнозирования коррозии 113**
2. **Методика прогнозирования коррозионного износа 114**
3. **Сравнение с нормативным расчетом и рекомендации по применению методики 119**
4. **Рекомендации по контролю и управлению техническим состоянием причальных**

**сооружений типа больверк 124**

**воздействий 127**

1. **Прогнозирование изменения надежности и несущей способности причального сооружения с учетом коррозии шпунтовой стенки 141**

4.2 Численное моделирование больверков с учетом коррозионного износа 127

4.2.1 Прогнозирование надежности причального сооружения с учетом износа и сейсмических

[**ЗАКЛЮЧЕНИЕ 148**](#bookmark65)

Приложение А - Условия прочности КЭ больверков 160

Приложение Б - Оценка качества вероятностной модели 161

Приложение В - Расчет параметров поврежденного шпунта 172

Приложение Г - Эмпирические и теоретические распределения 179

Приложение Д - Аппроксимирующие функции 185

Приложение Е - Графики распределений 188

Приложение Ж - Распределения коррозионного износа для реальных причальных сооружений 192

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основании проведённых исследований были получены следующие ре­зультаты.

1. Проведен анализ методов оценки технического состояния причальных со­оружений типа больверк, который показал, что вероятностные методы являются наиболее эффективными.
2. Автором установлено с использованием статистического анализа и натур­ных данных, что коррозионный износ стальных шпунтовых стенок морских при­чальных сооружений типа больверк имеет вид бимодального нормального рас­пределения, форма которого зависит от времени.
3. Предложены и проанализированы по эффективности различные подходы к моделированию деградационных процессов (эмпирический регрессионный, тео­ретико-эмпирические вероятностные дедуктивный и индуктивный). Разработаны прогнозные модели технического состояния в соответствии с указанными подхо­дами.
4. Автором предложена методика вероятностного прогнозирования техниче­ского состояния шпунтовых стенок больверков с учетом коррозионного износа на основе индуктивной модели. Выделены наиболее значимые факторы, определя­ющие вероятность коррозионных повреждений: время, принадлежность к зоне (подводная, переменного уровня), вид коррозии (сплошная и локальная коррозия), интенсивность процессов по каждому виду коррозии в зависимости от срока экс­плуатации сооружения.
5. Нами отмечено, что долговечность и безотказность больверков сильно из­меняются во времени по причине деградационных процессов, следовательно, это необходимо учитывать в широком спектре задач. Как подтверждение, представ­лены результаты расчета реальных сооружений с использованием методики про­гнозирования коррозионного износа. Представлен прогноз надежности причала №13 (б.Находка) с учетом коррозионного износа и сейсмических воздействий. В расчете причала НРП №2 (Находкинский рыбный порт) методика применялась для прогнозирования изменения несущей способности сооружения с учетом изно­са.
6. Показано, что нормативный расчет поправок на коррозию не учитывает случайных характер развития деградационных процессов. Для повышения досто­верности долгосрочного прогноза предлагаем использование методики на основе вероятностной индуктивной модели.

Отмечено, что качество прогноза технического состояния зависит от зна­ния начального состояния стенки. В связи с этим предлагаем дополнения к меро­приятиям первичного осмотра сооружений