



Данелюк В. И.



Рубцова Ю. А.



Иванец А. Е.



Цвигун С. И.

**Данелюк В. И., к.т.н.,**

доцент кафедры технологии строительного производства Одесской государственной академии строительства и архитектуры, 65029, Украина, г. Одесса, ул. Дидрихсона, 4, e-mail: daneliuk.vadim@gmail.com, тел.: +38(095)33-99-639

**Рубцова Ю. А.,** ассистент кафедры проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог Одесской государственной академии строительства и архитектуры, инженер ГП «ЧерноморНИИпроект», 65029, Украина, г. Одесса, ул. Дидрихсона, 4, e-mail: rubtsova\_julia@mail.ru, тел.: +38(063)050-56-89

**Иванец А. Е.,** магистр кафедры технологии строительного производства Одесской государственной академии строительства и архитектуры, 65029, Украина, г. Одесса, ул. Дидрихсона, 4

**Цвигун С. И.,** магистр кафедры технологии строительного производства Одесской государственной академии строительства и архитектуры, 65029, Украина, г. Одесса, ул. Дидрихсона, 4

**I. Danelyuk, Ph.D.,**

associate professor of Department of Technology of building production of the Odessa State Academy of Construction and Architecture, 65029, Ukraine, Odesa, Didrikhsona str., 4, e-mail: daneliuk.vadim@gmail.com, tel.: +38 (095) 33-99-639

**Y. Rubtsova,** assistant of the Department of Design, Construction and Operation of Highways of the Odessa State Academy of Construction and Architecture, Engineer of the «ChernomorNIIProekt», 65029, Ukraine, Odesa, Didrikhsona str., 4, e-mail: rubtsova\_julia@mail.ru, tel.: +38 (063) 050-56-89

**H. Ivanets,** Master of the Department of Technology of building production of the Odessa State Academy of Construction and Architecture, 65029, Ukraine, Odesa, Didrikhson str., 4

**S. Tsvihun,** Master of the Department of Technology of building production of the Odessa State Academy of Construction and Architecture, 65029, Ukraine, Odesa, Didrikhson str., 4

## ОСОБЕННОСТИ ДЕСТРУКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ В БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ МОРСКИХ ЭСТАКАД

### ОСОБЛИВОСТІ ДЕСТРУКТИВНИХ ПРОЦЕСІВ В БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ МОРСЬКИХ ЕСТАКАД

### FEATURES OF DESTRUCTIVE PROCESSES IN CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS OF SEA PLATFORMS

**Анотация.** Большая часть портовых сооружений работает в ограниченном режиме, а некоторые из них достигли предельных состояний. Работа посвящена анализу характерных повреждений железобетонных морских эстакад, что позволило разработать модель повреждаемости конструкций, которая послужит основой для создания технологического регламента проведения работ по реконструкции морских гидротехнических сооружений.

**Ключевые слова:** морские гидротехнические сооружения, морские причалы, бортовые балки, сваи, модель повреждаемости.

**Анотація.** Значна частина портових споруд працює в обмеженому режимі, а деякі з них досягли свого граничного стану. Робота присвячена аналізу характерних ушкоджень залізобетонних морських естакад, що дозволило розробити модель пошкоджуваності конструкцій, яка послужить основою для створення технологічного регламенту проведення робіт з реконструкції морських гідротехнічних споруд.

**Ключові слова:** морські гідротехнічні споруди, морські причали, бортові балки, палі, модель пошкоджуваності.

**Annotation.** Most of the port facilities operate in a limited mode, and some of them have reached the limit states. The work is devoted to the analysis of characteristic damages of ferroconcrete marine overpasses, which made it possible to develop a model for the damageability of structures, which will serve as the basis for creating a technological regulation for the reconstruction of marine hydraulic structures.

**Keywords:** marine hydrotechnical constructions, sea berths, side beams, piles, damage model.

#### Введение

Морской транспорт широко используется для международных и внутренних перевозок. Он играет чрезвычайно важную роль в формировании всех внешнеэкономических связей Украины и характеризуется высокой эффективностью и экономичностью, так как эксплуатация морских путей не требует больших расходов на содержание сети [1].

На сегодняшний день в портовой инфраструктуре Украины причалы представляют собой сооружения, большая часть которой была создана еще в советские времена. Достигнув срока эксплуатации 30 и более лет, они устарели как физически, так и морально [2]. Определенные на момент их проектирования нагрузки были достаточными для того времени. Но, с годами менялась экономическая конъюнктура, и порты переориентировались с одних грузов на другие, с одних судов на более большие, в том числе на те, под которые изначально не были запроектированы [3].

В связи с этим, в процессе эксплуатации, причалы в морских портах подвергаются прогрессирующему износу, который составляет более 70%. Следовательно, подавляющее большинство портовых объектов Украины находится в ненадлежащем техническом состоянии.

#### Общие сведения

В Украине функционирует порядка 330 причалов в морских торговых портах, с причальной линией около 43 км. В Одесском регионе находится семь портов, из которых три — Черноморский, Одесский и Южный — имеют наилучшие морские подходы, с глубиной у причалов до 15 м, обеспечивающие около 60 % всего грузооборота портов Украины [4].

В общей длине причальных сооружений более половины (порядка 57,5%) составляют сооружения эстакадной конструкции. Наиболее применимы в отечественной практике сборные железобетонные эстакады на предварительно напряженных призматических сваях с верхним строением из крупноблочных конструкций. Основным элементом эстакад является верхнее строение, опирающееся на сваи и связывающее всю конструкцию в жесткую рамную систему и основание. Верхнее строение предназначено для восприятия всех внешних нагрузок на сооружение и распределение их между сваями. Последние передают их на грунт. Для восприятия горизонтальных нагрузок иногда погружают наклонные сваи [5].

Конструкции эстакадных причальных сооружений на призматических сваях состоят из рядов железобетонных предварительно напряженных призматических свай (в типовых проектах

сечением 45x45 см). В поперечном направлении в ряде содержится 4–8 вертикальных свай, погруженных с одинаковым или различным шагом. Головы свай объединяют путем их омоноличивания со сборным верхним строением.

### Цель статьи

Проанализировать характерные повреждения железобетонных морских эстакад. На основе анализа разработать модель повреждаемости конструкций, которая послужит основой для создания технологического регламента проведения работ по реконструкции морских гидротехнических сооружений.

### Основной материал

**Условия эксплуатации.** Морские сооружения подвержены интенсивным нагрузкам, в том числе динамическим. Примером таких нагрузок являются удары волн. Кроме этого, они подвержены навалу и ударам от швартующихся судов, действию крановых нагрузок, ледовым воздействиям.

Разрушительное действие агрессивной морской среды также заставляет предъявлять особые требования к стойкости материала морских конструкций. Они находятся под влиянием разрушающих физико-механических воздействий воды и биологических агрессивий.

Морская вода представляет собой сложный раствор различных солей – в основном хлоридов (Na Cl, MgCl<sub>2</sub>) и сульфатов (Mg SO<sub>4</sub>, Ca SO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>), а также углекислого кальция CaCO<sub>3</sub> и бромистого магния Mg Br<sub>2</sub>.

Многие из населяющих морскую воду организмов влияют на её агрессивность, образуя биологическую агрессивию, способствующую иногда очень быстрому разрушению строительных материалов в конструкциях [5].

По условиям эксплуатации конструкций эстакад, можно определить следующие зоны.

**Надводная.** В этой зоне конструкции эстакад подвергаются нагрузкам от грузов на верхнем строении и от перемещаемых кранами грузов, а также нагрузкам, вызываемым судами. На сохранность конструкций воздействуют вещества, обрабатываемые на причалах, и атмосферные воздействия. Как правило, состояние конструкций определяется при обследовании без проведения специальных исследований. Эта зона никогда не затопливаемая, но находящаяся под влиянием морских испарений и брызг.

**Зона переменного увлажнения.** Она расположена на высоте, соответствующей колебаниям уровня при волнении, приливно-отливных явлениях и т.д. Колебания уровня воды зависят от местонахождения и климатических показателей. Ежегодные колебания могут быть значительными. Вода, которая замерзает и тает, вызывает очень значительные воздействия на поверхности конструкций. Подход судна к причалу во льдах и разрушение льда у причала вызывает воздействия на конструкции в зоне переменного горизонта воды.

**Подводная зона.** Здесь подводные конструкции подвергаются нагрузкам, вызванным навалом судов. Особенно носовые бульбы судов могут вызвать большие разрушения в стеновых конструкциях и разрушить сваи. Повреждения подводных конструкций трудно обнаружить без проведения водолазных обследований [7].

**Характер повреждений.** Разрушение железобетонных конструкций происходит главным образом из-за коррозии арматуры, которая возникает под действием влаги, проникающей через трещины в бетоне. Объем арматуры при ржавлении резко увеличивается, происходит откол покрывающего слоя бетона, что еще больше ускоряет процесс разрушения железобетона.

Коррозия бетона наиболее интенсивно происходит в зоне переменных горизонтов воды, медленнее – в под-

водной зоне. Причиной разрушения бетона в морских сооружениях являются, с одной стороны, химические процессы, происходящие между морской водой и вяжущими веществами бетона, с другой – процессы, происходящие при замораживании и оттаивании бетона, а также при механическом воздействии волн, льда и т.д. Известное влияние на долговечность морских бетонных сооружений оказывают и биологические факторы – обрастание сооружений животными организмами и растениями.

Находящаяся в морской воде агрессивная углекислота разрушает образующуюся на поверхности бетона под влиянием воздуха плотную, не растворимую в воде пленку из карбоната кальция, обращая ее в бикарбонат кальция – вещество, легко растворимое в воде.

Одной из причин разрушения бетона в зоне переменного смачивания, является попеременное замораживание и размораживание воды, содержащейся в бетоне. При этом замерзающая в порах бетона вода, увеличиваясь в объеме, вызывает растрескивание бетона, что, в свою очередь, вызывает усиление химической коррозии [5].

Биологическая коррозия характеризуется прямым или косвенным воздействием низших форм живых организмов, влияющих на внешний вид или технические свойства бетона. К таким организмам относятся бактерии, морские водоросли, грибки, лишайники, мхи и т. д. (рис.1). Омываемый жидкостью бетон фильтрует воду, а мелкие частицы и микроорганизмы задерживаются на поверхности материала и вступают с ним во взаимодействие. Продукты жизнедеятельности микроорганизмов такие как: кислоты, сульфиды, аммиак и другие, являются агрессивными и вызывают разрушение бетона, а также арматуры в железобетонных конструкциях.



Рис. 1. Состояние конструкции эстакады подводной зоны

### Анализ разрушений (рис.2,3,4,5,6).

Согласно оценке модели повреждаемости эстакад, можно сделать следующие заключения:

- 1) Состояние конструкций эстакад на сегодняшний день характеризуются наличием таких дефектов:
  - Разрушение защитного слоя, обнажение и коррозия арматуры.
  - Снижение прочности бетона более, чем на 30%.
  - Разрушение бетона от постоянного воздействия агрессивной морской среды и высоких температур.
  - Недостаточная толщина (меньше проектных значений) защитного слоя, образующаяся при неправильной установке или смещении опалубки.
  - Раковины и сколы на поверхности бетона, образующиеся в следствии некачественного приготовления бетонной смеси.
  - Трещины различного происхождения: конструктивные, технологические и организационно-технологические, возникающие в конструкциях в период строительства и появившиеся в процессе эксплуатации.
- 2) Повреждениями, снижающими несущую способность конструкции, являются:
  - трещины, не предусмотренные расчетами;
  - наклонные трещины в стенках балок;

- горизонтальные трещины в сопряжениях плит и пролетных строений;
- большие раковины и пустоты в бетоне сжатой зоны;
- полные повреждения защитного слоя опор [7].

Согласно характеру условий эксплуатации и повреждений элементов конструкции эстакад разрушения, целесообразно классифицировать по трем зонам: надводная, зона переменного увлажнения и подводная (табл. 1).

Данные инженерных обследований, проведенных ГП «ЧерноморНИИпроект» в период 2005-2016 гг. показывают, что:

- конструкции железобетонных свайных эстакад наиболее повреждаемы в сравнении с другими типами сооружений;
- практически четвертая часть исследуемых сооружений не может эксплуатироваться в нормальном режиме на проектные нагрузки (техническое состояние – аварийное; непригодное к нормальной эксплуатации; удовлетворительное, требующее ремонтных работ);
- больше половины сооружений требуют выполнения работ по капитальному ремонту отдельных конструктивных элементов (техническое состояние - удовлетворительное, требующее ремонтных работ) [9].

### Выводы

Большая часть портовых сооружений работает в ограниченном режиме, а некоторые из них достигли предельных состояний. Строительство новых портовых сооружений требует больших капитальных затрат, которые на сегодня невозможно осуществить, из-за экономической ситуации в стране. Исходя из этого, ремонт и реконструкция портовых сооружений в настоящее время выходят на первый план. В связи со сложившейся ситуацией вопрос продления эксплуатационно-технического ресурса сооружений, их модернизации весьма актуален.

На основе проведенного анализа состояния морских портов разработана модель повреждаемости конструкций. В дальнейшем модель послужит основой создания нового технологического регламента проведения работ по реконструкции морских гидротехнических сооружений.



Рис. 2. Повреждение сваи в зоне переменного увлажнения (причал 23 Черноморск)



Рис. 3. Состояние наголовника (причал 8 Измаил)



Рис.4. Повреждение бортовой балки в надводной зоне (причал 8 Измаил)



Рис.5. Повреждение бортовой балки в надводной зоне (Черноморск)



Рис. 6. Повреждение нижней поверхности плиты ростверка (Черноморск)

Таблица 1.

Характер разрушения элементов конструкции эстакад

Конструкции	Надводная зона	Зона переменного увлажнения	Подводная зона
Свайное основание	сколы углов, вертикальные трещины, коррозия бетона	разрушение бетона с оголением и коррозией арматуры, коррозия бетона, биологическая агрессия	биологическая агрессия, сколы, трещины
Плита ростверка	коррозия бетона, разрушения бетона нижней поверхности с оголением и коррозией арматуры, трещины	-	-
Бортовая балка	разломы, разрушение защитного слоя бетона с оголением и коррозией арматуры, сквозные разрушения со значительной коррозией и деформацией арматуры, сколы, трещины	-	-
Массив тылового сопряжения	осадка конструкции; повреждения в виде трещин	-	-

### Литература:

1. Ищук И. Водолазы осмотрели причалы военных моряков и не только / Статья журнала «Моряк Украины». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://moryakukrainy.livejournal.com/1797228.html>
2. Губанков Ю. Стратегию госуправления портами надо менять / Статья сайта «Порты Украины». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ports.com.ua/opinions/strategiyu-gosupravleniya-portami-nado-menyat>
3. Тертычная Л.В. Обеспечение безопасности эксплуатации портовых гидротехнических сооружений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uomaneb.narod.ru/Tertichnaya.doc>
4. Морские порты Украины / Статья сайта ООО Сиф-Сервис [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sifservice.com/index.php/informatsiya/porty-ukrainy/morskie-porty>
5. Порты и портовые сооружения. Часть 2 // Джунковский Н.Н., Каспарсон А.А., Курлович Е.В., Смирнов Г.Н., Сидорова А.Г.// Москва: Издательство литературы по строительству 1967 – С.8-21, 206-220
6. Строительство причалов // Яковенко В.Г. // Москва: «Транспорт», 1981 - С. 195-204
7. Исследование модели повреждаемости железобетонных конструкций морских портовых гидротехнических сооружений свайного типа / Ю. А. Рубцова // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. - 2012. - Вип. 45. - С. 233-240.
8. Кропивницький В.В. Современные технологии реконструкции гидротехнических сооружений / Статья сайта «Гидротехника» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mirznanii.com/a/217042/korroziya-zhelezobetona>
9. Материалы технических обследований и паспортизации, выполненных ЧерноморНИИпроект за 2005-2016гг.