

УДК 627.26

СОХРАННОСТЬ ПРИЧАЛЬНЫХ ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Кочкурова Наталия Викторовна¹, доцент, кандидат технических наук, начальник учебно-методического управления

e-mail: kochkurovanataly@mail.ru

Филиппычева Валерия Алексеевна¹, магистрант

e-mail: filippycheva_v@mail.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Эксплуатация причальных портовых сооружений с течением времени приводит к ухудшению их технического состояния и появлению дефектов у различных элементов сооружений. Нормами определены контролируемые признаки технического состояния каждого элемента сооружения и соответствующие виды дефектов. Дефекты нормируются и их влияние оценивается при определении показателей технического состояния и сохранности сооружения. В статье рассматриваются вопросы определения сохранности причальных сооружений.

Ключевые слова: причальное сооружение, сохранность, износ, работоспособность, техническое состояние, дефект, больверк.

SAFETY OF BERTHING PORT FACILITIES UNDER OPERATING CONDITIONS

Kochkurova Natalia Viktorovna¹, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Head of the Educational and Methodological Department

e-mail: kochkurovanataly@mail.ru

Filippycheva Valeria Alekseevna¹, Master's Degree student

e-mail: filippycheva_v@mail.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The operation of berthing port facilities over time leads to deterioration of their technical condition and the appearance of defects in various elements of structures. The norms define the controlled signs of the technical condition of each element of the structure and the corresponding types of defects. Defects are normalized and their impact is assessed when determining the indicators of the technical condition and safety of the structure. The article discusses the issues of determining the safety of berthing facilities.

Keywords: berthing structure, safety, wear, operability, technical condition, defect, firework.

Сохранность портовых причальных сооружений и соответственно их безопасность оценивается по результатам их комплексного технического обследования, в результате

которых выявляются дефекты конструкции, определяется их влияние на несущую способность и работоспособность сооружения [2 – 5].

Для оценки сохранности сооружения определяется коэффициент сохранности группы однородных элементов [1]:

$$a_i = \frac{\sum_{j=1}^m a_j}{m} \quad (1)$$

где a_j – частное значение коэффициента сохранности элемента;

$j = 1, 2, 3 \dots m$ – порядковый элемента i -й группы однородных элементов;

m – количество элементов в i -й группе однородных элементов.

Коэффициент сохранности сооружения из n групп однородных элементов определяют по формуле:

$$a_n = \frac{\sum_{i=1}^m a_i b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad (2)$$

где $i = 1, 2, 3 \dots n$ – порядковый номер конструктивной схемы (группы однородных элементов);

b – коэффициент весомости групп элементов в составе сооружения, определяемый по таблице 4.1;

a_i – коэффициент сохранности группы однородных элементов, определяемый по формуле.

Для одноанкерной причальной стенки типа «больверк» характерными [1] являются четыре вида элементов, которые определяют ее несущую способность: дно, шпунтовая стенка, анкерная тяга, анкерная опора. Для данных видов элементов из технических отчетов и паспортов рассматриваемых сооружений выбирались характерные дефекты, по которым оценивались показатели состояния элементов и определялось состояние сооружения с учетом весомости групп элементов.

Данные технического отчета по обследованию грузового причала в г. Кострома показали наличие дефектов у двух элементов причала – дно у причала и шпунтовый ряд.

У причала зафиксировано превышение уровня дна относительно проектной отметки на 1,5м у верхового открылка, которое постепенно снижается к низовому открылку до отметки проектного дна. Уменьшение глубины вследствие заносимости, согласно ГОСТ 54523-2011 [1], нормируется в пределах установленного запаса на заносимость (засорение). Для причала в г. Кострома этот запас составляет 0,2м. Расчет коэффициента сохранности производился для каждой секции сооружения исходя из осадки расчетного судна «Волго-Дон» (проект 1565) - 3,85м. Результат расчета приведен в таблице 1. В четвертой секции выделено четыре участка по длине, на которых изменяется отметка дна перед сооружением для более точного определения коэффициента сохранности.

Таблица 1

Оценка сохранности дна перед причалом

Параметр	Номер секции								Проектная отметка дна, м	Проектная глубина, м	Вся стенка
	1	2	3	4			5				
Средняя заносимость, м	1,42	1,14	0,76	0,52	0,43	0,33	0,2	0,09	79,5	4,5	0,61
Превышение отметки, %	42	25	17	12	10	7	4	2			14%
Коэффициент сохранности	0	0	0	0	0	0	1	1			0,25



				0,25						
Техническое состояние	предельное	предельное	предельное	предельное	предельное	предельное	работоспособное	работоспособное		предельное

Таким образом, заносимость в пределах запаса 0,2 м отмечена только в конце четвертой секции и в пятой секции и сооружение по данному виду дефекта находится в предельном состоянии. Для данного вида элемента коэффициент сохранности составляет 0,25.

Основной дефект, выявленный на шпунтовой металлической стенке – коррозионный износ размерами от небольшой язвенной коррозии по всей поверхности в приурезной зоне до сильной пластовой коррозии во второй секции в надводной зоне.

Нормируемая величина поражения коррозией в соответствии с [1] выражается средней остаточной толщиной металла в горизонтальном сечении не менее 75% проектной в рабочем состоянии.

Проектная толщина шпунта составляет 14,8 мм, при нормируемой величине поражения коррозией 75% остаточная толщина должна составлять не менее 11,1 мм (предельная величина).

Результат расчета коэффициента сохранности по высоте сооружения в зависимости от уровня воды и оценка технического состояния сооружения приведены в таблице 2.

Таблица 2

Оценка сохранности шпунтовой стенки

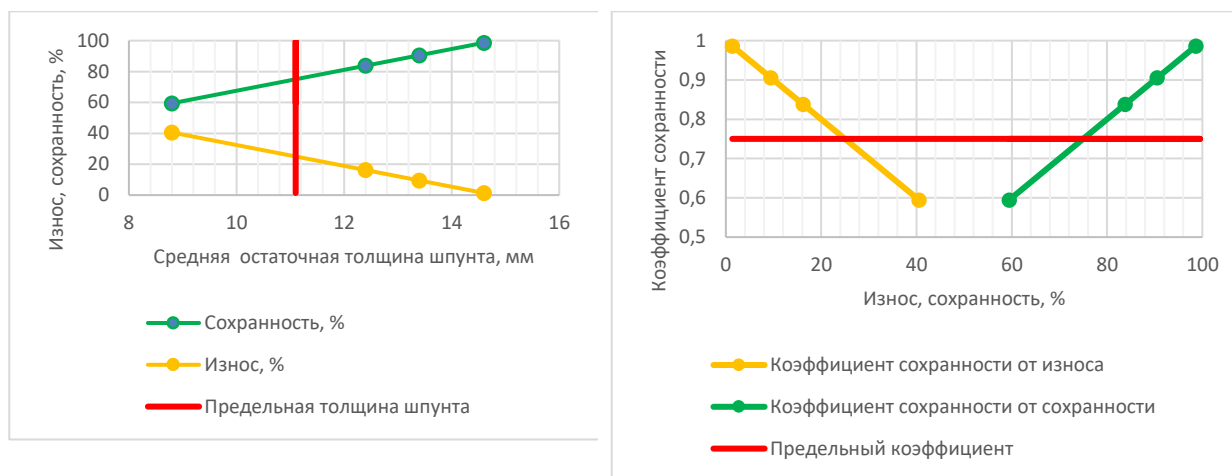
Параметр	Надводная зона	Приурезная зона	Надводная зона секций 2 и 3	Подводная зона	Вся стенка
Средняя остаточная толщина шпунта, мм	13,4	14,6	8,8	12,4	12,3
Процент сохранности, %	90,54	98,65	59,46	83,78	77,92
Процент износа, %	9,46	1,35	40,54	16,22	22,07
Коэффициент сохранности	0,91	0,99	0,59	0,84	0,78
Техническое состояние	работоспособное	работоспособное	неработоспособное	работоспособное	ограниченно работоспособное

Из таблицы видно, что величина износа на трех секциях сооружения, находящихся в работоспособном состоянии, составляет от 0,2 до 2,4 мм. Процент сохранности при этом от 83 до 98%, а процент износа соответственно от 17 до 2%.

Однако, на второй и третьей секции сооружения Костромского причала (ПК 23÷47) максимальный износ меньше необходимого (предельного) для работоспособного состояния сооружения на 21%. Средняя остаточная толщина шпунта здесь 8,8 мм, соответственно износ – 6 мм, что соответствует 41% износа и 59% сохранности. Это объясняется тем, что на причале перегружается агрессивный химический груз.

При этом состояние сооружения при небольших износах характеризуется как «работоспособное», а при большом износе переходит в категорию «неработоспособного».

На рисунке 1 графически представлена зависимость коэффициента сохранности от процента сохранности и износа шпунта.



а) б)
 Рисунок 1 – Изменение сохранности и износа причального сооружения:
 а) зависимость сохранности и износа от средней толщины шпунта; б) зависимость коэффициента сохранности от сохранности и износа

Полученные линейные графики показывают обратную зависимость между сохранностью и износом шпунта. Предельная толщина шпунта в работоспособном состоянии соответствует 75% сохранности (коэффициент сохранности 0,75) и 25% износа. На графиках видно, что величины меньше этих значений были только в одном случае на второй секции, что соответствует ее неработоспособному состоянию.

Изменение остаточной толщины шпунта по длине причального фронта (в надводной и подводной зонах) и по высоте сооружения (в разных секциях) представлено графически на рисунках 2 и 3.

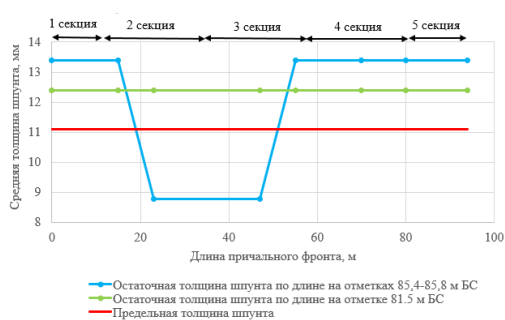


Рисунок 2 – Изменение толщины шпунта по длине причального фронта

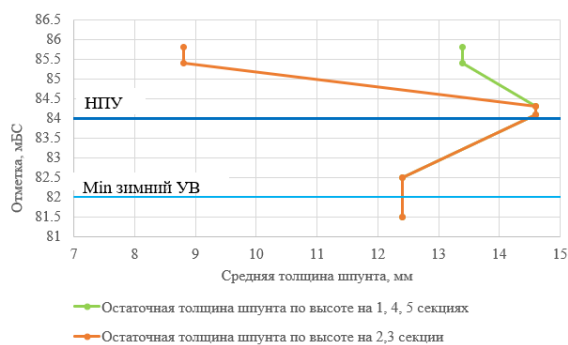


Рисунок 3 – Изменение толщины шпунта по высоте сооружения

На графиках видно, что изменение остаточной толщины шпунта по длине сооружения в подводной (на отметке 81,5 м) и приурезной зонах (на отметке 84,5 м) имеет равномерный характер, а в надводной зоне (на отметке 85,4 – 85,8 м) на 2 и 3 секции остаточная толщина меньше предельного значения. В надводной зоне происходит наиболее активная коррозия

металла шпунта. Это отражено и на графике по высоте сооружения, где видно, что здесь выявлены наименьшие значения толщины шпунта.

Для оценки сохранности сооружения в целом определяется коэффициент сохранности на основе коэффициентов групп несущих элементов с учетом их коэффициентов весомости [1]. Расчетами определены коэффициент весомости 0,25 для элемента «дно у причала» и 0,78 для «шпунтовой стенки». Элементы «анкерная тяга» и «анкерная опора» не имеют выявленных повреждений, поэтому для них коэффициент сохранности принят равным 1,0. Согласно ГОСТ 54523 [1] коэффициенты весомости определены для пяти элементов, среди которых «верхнее строение» с весомостью 20%, которое как конструктивный элемент относится к двуханкерному больверку. Рассматриваемый грузовой причал основным несущим элементом имеет одноанкерный больверк, поэтому весомость элемента «верхнее строение» распределена пропорционально между другими элементами, относящимися к этой конструкции. Таким образом, коэффициент сохранности причала с учетом принятых коэффициентов весомости составил 0,83.

Полученный коэффициент сохранности причала соответствует работоспособному состоянию. Физический износ сооружения в целом составляет 17%. При этом согласно ГОСТ 54523 рекомендуется производить текущий профилактический или непредвиденный ремонт. Однако, две секции сооружения имеют критические дефекты и находятся в предельном техническом состоянии по двум видам несущих элементов, при котором требуются мероприятия по их восстановлению.

Аналогично оценивалось техническое состояние ряда сооружений Волжского бассейна, расположенных от г. Череповца на реке Шексна до г. Тольятти на Куйбышевском водохранилище. Из основных несущих элементов наиболее интенсивному износу подвергается дно перед стенкой и поверхность шпунтового ряда. Сравнение значений коэффициентов сохранности показало, что в целом по каждому сооружению коэффициент сохранности достаточно высок и определяет состояние сооружения как «работоспособное», однако по отдельным элементам его значение может быть достаточно низким и даже доходить до нуля.

Влияние отдельных элементов на несущую способность сооружения зависит от весомости их «вклада». Однако, такой элемент, как дно перед сооружением, легко восстановим и достижение проектной отметки дна решается ремонтной подсыпкой или углублением, расчисткой. Элемент «шпунтовая стенка» более сложная конструкция с точки зрения восстановления ее проектных параметров. Коррозия шпунта, особенно язвенная, может быть скрыта под слоем гидроизоляции или под слоем обрастающего ракушечника. При этом главное проявление коррозии – ее неравномерность и восстановление шпунта представляется довольно сложной задачей.

Список литературы:

1. ГОСТ 54523 Портовые гидротехнические сооружения Правила обследования и мониторинга технического состояния [Текст]. – Введ. 2011-11-25. – М.: Изд-во Стандартиформ, 2012. – 111с.
2. Ситнов, А.Н. Оценка влияния грунтовых условий на напряженно-деформированное состояние причальной набережной больверкового типа [Текст] / А.Н. Ситнов, Н.В. Кочкурова, А.А. Сапунов, Е.Д. Платицын / Труды конгресса «Великие реки» – Нижний Новгород, 2019.
3. Сахненко, М.А. Методика оценки коэффициента надежности морских причалов с учетом сроков эксплуатации. [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.19.М., 2007, 262с.



4. Бик, Ю.И. Оценка технического состояния и повышение несущей способности портовых гидротехнических сооружений на реках Сибири. [Текст] : дис. ...докт. техн. Наук : 05.23.07.М., 1998.

5. Malyuk, V. V. Operating Conditions and Damage to the Concrete of Port Facilities on the Southern Coast of Sakhalin / Malyuk V.D., Lobodyuk A.V. / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 988, Chapter 4, 2022.

