

УДК 656.6

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Филиппычева Валерия Алексеевна¹, аспирант

e-mail: filippycheva_v@mail.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В докладе рассматриваются ключевые аспекты исследований, связанных с эксплуатационной надежностью причальных сооружений. Особое внимание уделяется факторам, влияющим на долговечность и устойчивость гидротехнических объектов в условиях воздействия природных и техногенных факторов. Проанализированы методы оценки технического состояния причалов, подходы к прогнозированию сроков их службы, а также диагностики конструкций в процессе эксплуатации. На основе опыта прошлых лет имеется необходимость современного интегрированного подхода к исследованию эксплуатационной надежности.

Ключевые слова: причальное сооружение, эксплуатационная надежность, техническое состояние, больверк, дефект.

FEATURES OF RESEARCH IN THE FIELD OF OPERATIONAL RELIABILITY OF BERTHING STRUCTURES

Valeria A. Filippycheva¹, Doctoral Student

e-mail: filippycheva_v@mail.ru

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

Abstract. The report examines key aspects of research related to the operational reliability of berthing structures. Special attention is given to factors affecting the durability and stability of hydraulic engineering facilities under the influence of natural and man-made conditions. The report analyzes methods for assessing the technical condition of berths, approaches to forecasting their service life, as well as techniques for diagnosing structures during operation. Based on past experience, there is a clear need for a modern integrated approach to the study of operational reliability.

Keywords: berthing facility, operational reliability, technical condition, firework, defect.

Совершенствование речных портовых причальных сооружений является одной из важных задач, обозначенных в Стратегии развития транспортной системы РФ до 2030 года [1].

Согласно данным статистики, свыше половины причальных объектов в РФ имеют значительные уровни физического износа, что приводит к снижению эксплуатационной надежности и увеличению риска аварийных ситуаций.

На надёжность причальных сооружений влияют разные факторы, среди которых:

- Естественные: колебания уровня воды, волнение, течения, ледовый режим, агрессивность водной и грунтовой среды, колебания температуры воздуха;

- Эксплуатационные: перегрузка причалов, механическое действие швартуемых судов, действие химических грузов, расположенных и перерабатываемых на причалах, отсутствие своевременных текущих и капитальных ремонтов и другие.

Эксплуатационная надёжность причальных сооружений является ключевым аспектом обеспечения безопасности и эффективности портовой инфраструктуры. Исследования в этой области направлены на выявление факторов, влияющих на долговечность конструкций, и разработку методов оценки их состояния в процессе эксплуатации.

Значительный вклад в решение проблем эксплуатационной надёжности портовых сооружений внесён работами таких специалистов Бик Ю.И., Долинский А.А. и другие.

Исследование Юрием Игоревичем Бик [2] представляет глубокий анализ технического состояния причальных сооружений Сибири. Создано решение по предсказанию затрат и временных рамок ремонта, включающее оценку вероятности возникновения неисправностей. Предложен способ определения срока службы эксплуатации причальных сооружений посредством использования вероятностных методов.

Основной акцент сделан на создании подхода для определения несущей способности конструкции с учетом их неравномерности и условий эксплуатации. Уточнено описание критериев отбора строительных компонентов для проверки, создана система классификации типов повреждений, обеспечивающая своевременное устранение недостатков и безопасную эксплуатацию объектов.

Представлен показатель надёжности, не опирающийся на конкретный вид распределения вероятностей, что критически важно при недостатке информации для статистики. Для упрощения использования созданы специальные графики. Вместе с тем, существующие способы определения этого показателя не принимают во внимание потенциальные колебания в условиях эксплуатации, динамические воздействия и атмосферные факторы, включая специфику зон вечной мерзлоты.

Кроме того, результатом работы стала новая методика укрепления сооружений посредством армирования грунтового массива.

Исследование Долинского Артура Александровича [3] охватывает широкий спектр технических и методологических аспектов, ориентированных на повышение эксплуатационной надёжности портовых сооружений.

Важным научным результатом является создание новых способов испытания грунтов с применением свай-зондов. Данная технология обеспечивает более точную оценку механических свойств как однородных, так и неоднородных грунтовых оснований. Полученные результаты легли в основу для повышения достоверности расчётов и прогнозирования поведения строительных объектов в процессе их продолжительного использования.

Отдельного внимания заслуживает разработка автоматизированных систем для контроля качества железобетонных изделий. Применение статистического анализа при контроле качества армированных и предварительно напряжённых элементов позволило значительно увеличить надёжность конструкций уже на стадиях производства и установки.

Значимым вкладом является также создание метода оценки состояния подкрановых путей, позволяющего с высокой степенью точности выявлять расхождения между реальными нагрузками и запланированными параметрами. Это напрямую влияет на



безопасность работы перегрузочного оборудования и снижение вероятности аварийных ситуаций.

В исследовании главный упор сделан на этапы проектирования и эксплуатации, однако отсутствует детальное описание методологии прогнозирования остаточного срока службы конструкций с учётом процессов старения и накопленных повреждений.

Коррозионные процессы отличаются большим разнообразием, поэтому их изучению уделяется значительное внимание. Существенный вклад в эту область внесли такие исследователи: Герасименко А.А., Дружинин С.И., Кистяковский В.А., Колотыркин и другие. Для описания коррозионных процессов в ряде работ были предложены вероятностные модели. Среди авторов, развивавших данный подход, можно отметить Костюкова В.Д., Майстренко И.Ю., Манапова А.З, Сахненко М.А. и другие.

Анализ литературы показывает, что использование вероятностного моделирования в изучении коррозии оказалось эффективным инструментом для решения прикладных задач, однако этот подход всё ещё требует дальнейшего развития.

Коваленко Роман Геннадьевич внёс весомый вклад в развитие вероятностных подходов к прогнозированию состояния шпунтовых конструкций. Им установлено, что коррозионный износ стальных шпунтовых стенок причальных сооружений имеет вид бимодального нормального распределения коррозионного износа, предложена индуктивная модель прогноза технического состояния [4]. Работа отличается высоким уровнем статистической обработки данных. Однако упор делается преимущественно на коррозионный фактор, в то время как механические повреждения, динамические воздействия от кранов и судов, температурные перепады, а также взаимодействие с подводной и надводной частью сооружения не рассматриваются в полной мере.

Значительный вклад в развитие экспериментальных и теоретических исследований, посвящённых воздействию струй судовых движителей на размываемое дно, был внесён такими учёными как Полунина М.А., Чичерин И. А., Лобачев М.П., Умрихин В.П. и другие.

В работе Полунина Михаила Андреевича [5] представлен энергетический подход к оценке экскавационной способности струи судового движителя, при котором ее эффективность соотносится с количеством энергии в той части струи, что непосредственно взаимодействует с размываемой границей. На этой основе впервые выведена теоретическая зависимость глубины размыва дна, сложенного несвязным грунтом, от времени воздействия струи. Предложен количественный критерий для оценки потенциального размыва дна русла несвязного состава под воздействием струй судовых движителей при движении судна. Кроме того, получены уравнения для описания параметров турбулентной затопленной струи в потенциальном спутном потоке, предусматривающего использование общих уравнений движения тела с переменной массой. Рассмотрена пространственная работа отдельной секции причала, в рамках которой определены критические размеры воронки размыва, угрожающие устойчивости конструкции. Завершающим результатом стала разработка методики определения защитной зоны и подбора каменного материала, предотвращающего размыв дна вблизи кордона причальной набережной под действием струй судовых движителей.

Однако, в работе не рассмотрено поведение грунтов с различной связностью и неоднородной структурой. Кроме того, практически не освещена динамика размыва при изменяющихся режимах работы судового движителя.

Таким образом, при всей ценности проведённых исследований и разработанных методов в работах в целом отсутствует комплексный, интегральный подход, сочетающий в себе механическое, коррозионное, гидродинамическое воздействие на причальные сооружения. Недостаточное внимания уделено цифровизации результатов обследований, автоматизации прогнозирования износа и сроков ремонта с учётом различных



климатических сценариев. Также практически не рассматриваются вопросы устойчивости конструкций в условиях изменения уровня воды и частоты экстремальных погодных явлений.

На основании анализа накопленного практического опыта представляется обоснованным вывод о необходимости разработки **современного интегрированного подхода** к оценке эксплуатационной надежности причальных сооружений, учитывающего комплексное влияние множества факторов. Проведенный анализ технической документации, касающейся состояния причальных сооружений, свидетельствует о том, что, например, при коррозионном повреждении шпунта и достижении его предельного состояния, аварийные ситуации, как правило, не возникают. Это обусловлено работой шпунтовой стенки как единой системы, способной воспринимать эксплуатационные нагрузки.

Однако при учёте дополнительных воздействий, таких как переуглубление акватории у причала или рост нагрузок на прикордонную зону, устойчивость сооружения может быть нарушена, что способно привести к аварийной ситуации. Следовательно, установленные в ГОСТ Р 54523–2011 [6] значения **коэффициентов значимости групп конструктивных элементов** требуют корректировки, поскольку в их текущем виде они не в полной мере отражают реальные условия эксплуатации.

Список литературы:

1. Транспортная стратегия РФ до 2030 г. с прогнозом до 2035 г. (утв. распоряжением правительства РФ от 27.11.2021 г. №3363-р).
2. Бик Ю.И. Оценка технического состояния и повышение несущей способности портовых гидротехнических сооружений на реках Сибири (дисс. док. тех. наук), 1998 г.
3. Долинский А.А. Повышение эксплуатационной надежности морских и речных портовых сооружений (дисс. док. тех. наук), 1995 г.
4. Коваленко Р.Г. Методика оценки технического состояния причальных сооружений типа больверк (дисс.канд.тех.наук),2012г.
5. Полунин М.А. Анализ влияния размыва дна струями судовых движителей на устойчивость причальных набережных (дисс.канд.тех.наук), 2010 г.
6. ГОСТ Р54523-2011 Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: Стандартиформ, 2012.

