Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>
Russian journal of transport engineering

2019, №4, Том 6 / 2019, No 4, Vol 6 <https://t-s.today/issue-4-2019.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/16SATS419.pdf>

DOI: 10.15862/16SATS419 (<http://dx.doi.org/10.15862/16SATS419>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Колесников Ю.М. Об эксплуатационном состоянии волногасящей конструкции пирса-мола из пустотелых бетонных массивов // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №4, <https://t-s.today/PDF/16SATS419.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/16SATS419

For citation:

Kolesnikov Yu.M. (2019). On the operational state of the wave-quenching structure of the pier-mole made of hollow concrete massifs. *Russian journal of transport engineering*, [online] 4(6). Available at: <https://t-s.today/PDF/16SATS419.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/16SATS419

УДК 627.33

Колесников Юрий Михайлович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Москва, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: kolesoy@rambler.ru

Об эксплуатационном состоянии волногасящей конструкции пирса-мола из пустотелых бетонных массивов

Аннотация. В настоящее время ведутся поиски конструктивных решений причальных и оградительных сооружений вертикального типа, обеспечивающих снижение коэффициента отражения волн, волновых нагрузок на сооружения и их основания. Для создания нормальных условий в части волнового режима в дальневосточном порту при реконструкции пирса-мола было предложено использовать перфорированные бетонные массивы с камерой гашения. Применение такой конструкции стенки в виде столбовой кладки из пустотелых массивов (без перевязки швов) в отсутствие заполнителя внутренней полости с функцией, в том числе оградительного сооружения, не имеет аналогов в нашей стране. Результаты оперативного авторского надзора в период возведения пирса-мола показали, что на введенном в эксплуатацию участке сооружения имеется значительное количество дефектов – кренов, смещений, поворотов отдельных блоков и др. Такое положение привело к необходимости установления фактического состояния конструкции и ее элементов для выявления причин дефектов и повреждений. С этой целью были изучены проектная, исполнительная документация, материалы технического надзора и т. д. и реализованы два цикла (начальный и основной – контрольный) инженерных обследований надводной и подводной частей эксплуатируемого участка стенки длиной порядка 250 м. Их результаты послужили основой для анализа технического состояния сооружения и разработки мероприятий по улучшению его эксплуатационных качеств. При анализе также использовались данные экспериментальных модельных исследований рассматриваемой конструкции вертикальной стенки.

Ключевые слова: акватория порта; волновой режим; портовые сооружения; вертикальная стенка с волногасящими свойствами; инженерные обследования пирса-мола; оценка эксплуатационного состояния; выводы и рекомендации

Введение

Известно, что волновой режим в порту в значительной степени зависит от очертания акватории в плане и типа портовых гидротехнических сооружений. Когда оградительные сооружения не обеспечивают необходимую защиту от волнения, то проникающие на акваторию волны, многократно отражаясь от сооружений, приводят к увеличению нагрузок на них, а также к образованию «толчеи», затрудняющей обработку судов у причалов и нормальную эксплуатацию порта. Для обеспечения благоприятного волнового режима в порту проводятся исследования по выбору оптимальных компоновочных решений, а также применяются конструкции причальных сооружений, не создающих отраженную волну [1–3].

Вертикальные стенки в порту имеют существенный недостаток – они способствуют почти полному отражению волн со всеми вытекающими негативными последствиями. В связи с этим в нашей стране и за рубежом ведутся поиски конструктивных решений причальных и оградительных сооружений вертикального типа, обеспечивающих снижение коэффициента отражения волн, волновых нагрузок на сооружения и их основания. Примерами последних могут служить конструкции гравитационного типа, выполненные из массивов-гигантов с перфорированной лицевой поверхностью и камерой гашения, оболочек большого диаметра с щелевой перфорацией и камерой гашения, волногасящие стенки с применением фигурных железобетонных блоков и др. [4–8].

Положительные результаты крупномасштабных испытаний и строительства причалов из пустотелых бетонных массивов в портах Черного моря, их высокие технико-экономические показатели по сравнению с показателями других конструкций гравитационного типа [9], послужили основанием для разработки типовых проектных решений набережных для глубин 6,5–15,0 м и последующего их широкого использования при возведении причальных и берегозащитных сооружений.

Состояние вопроса

На Дальнем Востоке также нашли применение стенки из пустотелых массивов, однако там для создания нормальных условий в части волнового режима на акватории в развивающихся портах, а также для защиты побережья от разрушающего действия волн было впервые предложено использовать перфорированные массивы с камерой гашения. Именно такая стенка, обладающая волногасящими свойствами, и была принята в качестве основного варианта при реконструкции пирса-мола применительно к условиям одного из сахалинских морских портов [3]. Основным конструктивным элементом указанного сооружения является стенка столбовой кладки из пустотелых перфорированных бетонных массивов. Такое решение, по мнению проектировщиков, позволяет обеспечить соответствующий волновой режим на акватории порта и использовать в относительно спокойную погоду мористую (внешнюю) сторону пирса-мола в качестве причала.

Результаты оперативного авторского надзора в период возведения пирса-мола показали, что на введенном в эксплуатацию участке сооружения имеется значительное количество дефектов – кренов, смещений, поворотов относительно вертикальной оси отдельных блоков, причем в ряде случаев отклонения от проектного положения достигают нескольких десятков сантиметров. Данное обстоятельство вызывает серьезное беспокойство у эксплуатационников, так как не установлены причины выявленных отклонений. Возможно, это следствие неудовлетворительного качества изготовления и монтажа отдельных элементов конструкции, нарушений режима эксплуатации, а также одной из причин может являться не учет в полной мере особенностей ее работы. При этом заметим, что применение такой конструкции стенки в виде столбовой кладки из пустотелых массивов (без перевязки швов) в отсутствии заполнителя

внутренней полости с функцией, в том числе оградительного сооружения, не имеет аналогов в нашей стране.

В сложившейся ситуации возникла необходимость установления фактического состояния конструкции, ее элементов для выявления причин дефектов и повреждений и выработки мер по их устранению. С этой целью были изучены проектная, исполнительная документация, материалы технического надзора и т. д. и реализованы два цикла (начальный и основной – контрольный) инженерных обследований надводной и подводной частей стенки (около 250 пог. м). Их результаты явились основой для предварительной оценки технического состояния эксплуатируемого участка пирса-мола. При анализе также использовались данные экспериментальных модельных исследований, приведенные в [3].

На рис. 1 и 2 показаны две конструкции пирса-мола на скальном основании из алевролитовых пород типов А (для глубин 10 м) и Б (для глубин 8 м), запроектированные из пустотелых перфорированных бетонных массивов (марка бетона М300) массой соответственно 100 и 25 тонн. Блоки унифицированы и имеют следующие габаритные размеры: стенка А (массив М-1, 100 т) – 5 м (длина) х 4,5 м (ширина) х 3,2 м (высота) – рис. 1; стенка Б (25 т) – массив М-2 – 3,8х3,3х1,6 м и массив М-3 – 2,8х3,3х2,0 м – рис. 2. Столбовая кладка из массивов 25 т была применена лишь в нескольких секциях пирса-мола, образующих его корневую часть.

1 – бетонный блок М-1; 2 – надстройка; 3 – волногасящая разгрузочная призма; 4 – обратный фильтр; 5 – скальное основание; 6 – бетон в мешках

Рисунок 1. Конструкция стенки пирса-мола из 100-тонных массивов

1 – бетонный блок М-2; 2 – бетонный блок М-3; 3 – надстройка; 4 – волногасящая разгрузочная призма; 5 – обратный фильтр; 6 – скальное основание; 7 – бетон в мешках

Рисунок 2. Конструкция стенки пирса-мола из 25 – тонных массивов

Вертикальные элементы блоков (лицевой, тыловой и боковые) имеют горизонтальные отверстия диаметром 0,6 м, а внутреннее пространство массивов образует камеру гашения. Степень перфорации лицевой стенки изменяется в пределах от 8 % (тип А) до 11 % (тип Б). Засыпка за стенкой – волногасящая разгрузочная призма из скального грунта массой 100...300 кг. Толщина стенок бетонных массивов принята из условий их изготовления, обеспечения прочности в строительный и эксплуатационный периоды и долговечности. Ширина вертикальных швов между столбами в пределах секции порядка 4–5 см.

Методика инженерных обследований пирса-мола

Они проводились по двум основным направлениям: (1) оценка устойчивости, общих деформаций (смещений) стенки из пустотелых массивов обоих типов и смещений их отдельных элементов; (2) изучение степени сохранности материалов и вспомогательных устройств сооружения. Ниже кратко излагается методика обследований надводной и подводной частей построенного участка сооружения. Их организация и выполнение осуществлялись согласно инструкции¹, регламентирующей проведение инженерных обследований морских портовых гидротехнических сооружений, а также в соответствии с требованиями действующих нормативов на проведение геодезических наблюдений и водолазных работ. Рекогносцировкой

¹ РД 31.35.11-89. Инструкция по инженерным обследованиям морских портовых гидротехнических сооружений. М.: В/о «Мортехинформреклама», 1989.

района было установлено, что рассматриваемый участок изучаемого объекта не оборудован геодезической сетью, что привело к необходимости ее устройства. Для наблюдения за общими смещениями были разбиты и закреплены опорная и наблюдательная сети, состоящие из геодезических знаков различного назначения. Геодезические знаки опорной сети (стенные знаки, грунтовые реперы) отвечали условиям незыблемости и размещались в корневой части на территории пирса-мола на устойчивом грунте и на сооружениях (служебное здание, стенка устоя моста южного пирса [3]), не испытывающих смещений. В противоположность знакам опорной сети знаки наблюдательной сети – наблюдательные или деформационные марки – располагались непосредственно на обследуемом сооружении. Они устанавливались в плите верхнего строения в два ряда, параллельных линии кордона, на концах каждой из 14 секций (по обе стороны от температурно-осадочных швов). Знаки наблюдательной сети предназначались для наблюдения за перемещениями конструкции стенки в плане и по высоте. Кроме того, эти марки служили для измерения поворота (крена) сооружения в плоскости его поперечного сечения и расхождения температурно-осадочных швов.

Три стенных знака размещались в стенах служебного здания, расположенного на территории порта вблизи корневой части южного пирса, на высоте 1,5 м над ее поверхностью. Это стальные стержни, имеющие сферическую головку с крестообразной насечкой, закладываемые путем забуривания. Стенной знак (нивелирный), закрепленный на устое моста южного пирса, выполнен в виде выступающего от стены на 50 мм арматурного стержня с крестообразной насечкой наверху. Конструкция деформационной арки (всего 56 штук), используемой для измерения осадок и горизонтальных смещений, являлась наблюдательным знаком скрытого типа и представляла собой саморасклинивающийся анкер (High anchor, pat. № 330973, Япония), который устанавливался в предварительно пробуренную скважину. Нержавеющие головки всех деформационных марок также снабжались соответствующей насечкой. Для фиксации мест вывешивания ручных лотов при проведении измерений в подводной зоне стенки пирса-мола предусмотрены вспомогательные кордонные марки (всего 19 штук – по количеству контрольных столбов пустотелых массивов).

Полный цикл геодезических работ включал следующие виды измерений:

- горизонтальных смещений сооружения путем определения горизонтальных углов и линий с применением метода полигонометрии;
- вертикальных смещений сооружения при помощи нивелирования;
- приращений угла наклона плиты надстройки или ее лицевой грани в поперечном направлении.

Требуемая точность наблюдений за общими смещениями, характеризуемая величиной средней квадратической ошибки, для конкретных условий (зависит от типа конструкции стенки, сжимаемости грунтов основания) составляла: при определении горизонтальных смещений $\pm 1,0$ – $1,5$, вертикальных – $\pm 1,0$ мм.

Инструментальным наблюдениям также подвергались и местные деформации:

- изменение размеров температурно-осадочных швов;
- образование и развитие трещин в надводной части стенки;
- деформации поперечного профиля конструкции;
- деформации отдельных элементов;
- просадка территории.

Обследование подводной части сооружения осуществлялось путем технического осмотра элементов и их измерительного контроля – определения значений установленных геометрических параметров и изучения посредством визуального осмотра состояния материала конструкции. При этом учитывались следующие факторы:

- а) осадка сооружения, наклон и сдвиг его в плане, неравномерность общих деформаций по длине, раскрытие горизонтальных и вертикальных (между столбами и секциями) швов кладки, смещение отдельных массивов и столбов массивов;
- б) состояние надстройки;
- в) состояние консольного выступа верхних пустотелых массивов и опорного выступа нижних;
- г) состояние перфораций;
- д) толщина наносного слоя грунта;
- е) разрушение бетона массивов под воздействием внешних факторов.

Основному циклу обследований предшествовала рекогносцировка изучаемого участка пирса-мола, в результате которой в том числе была получена общая информация по всем столбам стенки типов А и Б. Она позволила выбрать для подробного освидетельствования 19 столбов (из 64), состояние которых вызывало наибольшее беспокойство. Таким образом, тщательный осмотр выполнялся для 13 столбов стенки типа Б и 6 столбов стенки типа А.

Подводными границами зоны осмотра служили опускаемые с поверхности вблизи вертикальных швов между соседними столбами ручные лоты. Ее надводные границы фиксировались посредством вспомогательных кордонных наблюдательных марок, которые обозначали точки опускания ручных лотов, входящих в состав геодезической сети на сооружении (рис. 3). С помощью ручных лотов выполнялись также замеры соответствующих точек лицевой стенки пирса-мола в период наблюдений. Иными словами, за каждый прием осматривалась зона, примерно равная ширине столбовой кладки, ограниченная под водой тросами с грузом, которые перемещались по мере осмотра вдоль сооружения. Пространственное положение элементов стенки определялось относительно вертикальной и горизонтальной осей. Вертикальной осью служил трос, обозначавший границу зоны осмотра, а за горизонтальную ось принималась кордонная линия сооружения.

Для оценки технического состояния материала конструкции в подводной части и в зоне переменного горизонта воды регистрировались данные о местоположении, размерах и характере раковин, каверн, трещин, отколов, мест отслаивания бетона и т. п. Для визуальной характеристики зоны переменного горизонта воды использовалась фотосъемка, посредством которой фиксировались наиболее значительные повреждения и дефекты.

Инструментальные наблюдения позволили определить расстояния от стенки до отвеса в ряде точек по высоте: вверх и вниз надстройки, а также вверх и вниз (в случае необходимости и в других местах) массива каждого курса (рис. 3). Кроме того, в конкретных (отмеченных) уровнях измерялись расстояния до торцов массива, вертикальные швы и контролировались размеры лицевой грани массива – ширина и высота. Необходимая точность измерений определялась поставленными перед обследованием задачами с учетом специфики наблюдений в водной среде. Она должна обеспечивать возможность регистрации геометрических параметров сооружений в пределах допускаемых отклонений от проектных значений (см. сноску 1). Так, габариты бетонных конструкций измерялись с точностью до 10 мм. С такой же точностью определялись размеры дефектов стенки, а также швы между ее элементами. В случаях, когда изменения размеров швов могли свидетельствовать о динамике

их развития, то есть о деформации сооружения, точность измерений повышалась до 1 мм. Измерение углов наклона стенки производилось с помощью обычных средств (отвеса и линейки) с точностью порядка $0^{\circ}2'$, что являлось вполне приемлемым для данных условий.

1 – контрольный столб массивов; 2 – лить промерного лота; 3 – опорный элемент; 4 – точки замеров; 5 – вертикальный шов между соседними столбами массивов

Рисунок 3. Схемы производства измерений при подводном осмотре стенки пирса-мола

Осмотр полосы грунта перед сооружением выполнялся с целью установления состояния и мощности наносных отложений, а также промеров глубин. Водолазные обследования дна проводились, в основном, в створах изучаемых столбов массивов как непосредственно у стенки, так и на полосе грунта шириной 10–15 м перед ней. Промеры глубин выполнялись с плавсредств промерным линем в 2–3 точках конкретного створа с точностью до 5 см. В каждой точке маршрута определялись: глубина, состояние и мощность донных отложений и наносов, характер рельефа. Оценка состояния грунтов основывалась на косвенных показателях, полученных при визуальном осмотре, на ощупь и с помощью их зондирования шупом согласно справочному приложению «Квалификационные и косвенные показатели состава грунта» (см. сноску 1).

Анализ результатов инженерных обследований объекта и оценка его состояния

Результаты двух циклов инженерных обследований надводной и подводной частей внешней стенки пирса-мола послужили основой для анализа технического состояния сооружения и выработки мероприятий по улучшению его эксплуатационных качеств. Данные водолазного осмотра свидетельствуют о том, что на обследуемом участке имеется ряд серьезных отклонений от проекта. Это выражается в наличии значительного количества дефектов – смещений массивов друг относительно друга по высоте сооружения, поворотов вокруг вертикальной оси отдельных блоков, кренов и т. д. Для иллюстрации соответствия фактического профиля сооружения проекту для некоторых столбов массивов построены профили лицевой стенки (в плоскости левого линия) – рис. 4. В свою очередь, на рис. 5 показано плановое положение массивов трех курсов стенки А. Следует обратить внимание на ширину

вертикального шва между соседними столбами из пустотелых блоков. Так, при допустимом значении $40\text{--}50\text{ мм}^2$ ее значения достигали $100\text{--}200\text{ мм}$ и даже превышали 300 мм .

1, 2, 3 – курсы массивов; H – надстройка

Рисунок 4. Профиль лицевой стенки типа А (по результатам водолазного обследования) в створе левого линия для столбов массивов № 45-а и 52-б

л – левый и п – правый линии промерных лотов; сплошная линия – нижнее сечение блока 3 курса; штрихпунктирная – то же 1 курса

Рисунок 5. Плановое положение массивов стенки А в столбах № 45-а и 52-б

² РД 31.31.28-81. Руководство по проектированию причальных сооружений из пустотелых бетонных массивов. М.: В/о «Мортехинформреклама», 1983.

Тем не менее, как это следует из результатов двух экспедиций, ощутимой динамики в развитии смещений стенки, заметной активности в подвижках ее элементов выявлено не было. Косвенно на это указывает также стабильность планово-высотного положения верхнего строения, установленная по данным геодезических работ. По-видимому, этот факт можно объяснить двумя основными причинами: краткосрочностью периода наблюдений (один год) и средней интенсивностью ветроволновых воздействий.

Сопоставление данных обследований и исполнительного контроля в период возведения сооружения указывает на наличие определенной корреляции, что, прежде всего, относится к общему пространственному положению элементов стенки, соотношению зазоров между массивами и даже к конкретным значениям ряда параметров. Имеют также место существенные различия во взаимном смещении массивов отдельных курсов (достигают 10–30 и более сантиметров), по ширине вертикального шва (до 30 см) и др. Последнее свидетельствует о том, что в сооружении под воздействием комплекса природных и эксплуатационных факторов происходят процессы, связанные с качественным и количественным накоплением дефектов.

Лицевая поверхность пирса-мола в пределах надводной стенки имеет многочисленные повреждения в виде трещин, изломов и отколов. По их характеру можно предположить, что местные повреждения вертикальной плиты надстройки возникли под влиянием ударов судов. Среди судовых воздействий выделим следующие, отвечающие типу наблюдаемых разрушений: во-первых, это нарушение правил подхода, маневрирования и швартовки судов, что приводит к возникновению локального удара, особенно тяжелого по последствиям в том случае, когда отбойные приспособления повреждены или совсем отсутствуют; во-вторых, это нагрузки от судов, стоящих у причалов. Раскачиваясь при наличии волн значительной интенсивности (высота 1,5–2,0 м), они производят многочисленные удары. В элементах надстройки сначала образуются трещины, затем с течением времени при повторных воздействиях они развиваются, становятся сквозными и, наконец, плита надстройки получает излом. Кроме того, в результате ударов судов наблюдался отрыв части резиновых амортизаторов, верхняя кромка бетона была сбита с оголением арматуры и смятием, а в некоторых случаях и срывом закладной трубы. Этих повреждений можно избежать, если суда своевременно отводить от пирса-мола.

Важнейшими условиями сохранности причальных сооружений (и судов), как известно, являются: правильный выбор конструкции, подбор количества и шага отбойных устройств, выбор способа их подвески. Наличие большого числа характерных разрушений лицевой плиты надстройки указывает на то, что они в значительной мере вызваны неудачной конструкцией и неудовлетворительным состоянием отбойных приспособлений. В качестве амортизаторов здесь применены автопокрышки (пустые, без заполнения), подвешенные к лицевой поверхности причальной стенки таким образом, что они параллельны, а местами перпендикулярны ее плоскости. Тип отбойных приспособлений по проекту – двухъярусные пустотелые резиновые цилиндры, которые также применены на отдельных участках в качестве амортизационных устройств. Подвеска в первом и во втором случаях осуществлена с помощью цепей. Опыт эксплуатации указывает на то, что отбойные приспособления из пустых автопокрышек недостаточно эффективны и, кроме того, они быстро изнашиваются. Лучшие результаты можно получить, если автопокрышки плотно набить обрезками резины и подвесить перпендикулярно к плоскости стенки в виде пакета резиновых элементов на горизонтальной оси [1; 10].

Отбойные устройства с использованием резиновых труб получили довольно широкое распространение, по сравнению с другими амортизаторами они обладают более высокой энергетической способностью, при необходимости могут более просто заменяться, не портят

внешний вид причала и, самое главное, имеют длительные сроки эксплуатации, сохраняя удовлетворительное состояние. Эффективность и долговечность таких отбойных устройств в большой степени зависят от принятой конструкции подвески, способов расположения на стенках причалов и условий эксплуатации [10]. Резиновые цилиндры, подвешенные к причалам на металлических штангах, свободно закрепленных к стенкам цепями, являются более долговечными по сравнению с подвеской на цепях или тросах, как в нашем случае, поскольку при судовых нагрузках последние перерезают резиновую трубу (и автопокрышки) и происходит частичный срыв амортизаторов. Таким образом, в настоящее время на эксплуатируемом участке пирса-мола отбойные приспособления местами повреждены, нерационально размещены, а некоторые из них имеют малоэффективную конструкцию из пустых автопокрышек. В результате воздействий судов это привело к многочисленным местным повреждениям вертикальной плиты надстройки.

Остановимся еще на одном важном вопросе. Дальневосточный регион отличается наиболее суровыми условиями службы бетонных и железобетонных гидротехнических сооружений. Здесь в зоне переменной среды (переменного уровня) разрушается даже бетон на портландцементных разных видов и сульфатостойких цементах. Зона переменной среды – наиболее уязвимый участок сооружения, на котором происходит более интенсивное и глубокое разрушение материала (коррозия и эрозия бетона и камня, коррозия металла). Признаками нарушения целостности материала являются поверхностное шелушение бетона, перерастающее в отколы (сглаживание углов), выколы раствора между частицами крупного заполнителя, обнажение и выпадение последнего, оголение арматуры и т. п. По нашему мнению, интенсивному разрушению, вызванному физической (переменное увлажнение-высушивание, замораживание-оттаивание) и химической коррозией бетона и арматуры, способствовали и такие факторы как механические удары волн и судов. Волнение, в частности, вызывает более энергичное вымывание из поверхностных слоев бетона его растворимых частей и всех новообразований, являющихся результатом химического разложения бетона от действия морской воды. Наряду с упомянутыми агрессивными факторами также существенными причинами быстрого разрушения элементов верхнего строения, на что указывает распространение очагов повреждений, являлись, по-видимому, низкое качество изготовления и укладки бетона, отсутствие надлежащего контроля в период строительства и др. Из изложенного выше следует, что первоочередной задачей является проведение ремонта, в противном случае коррозия будет прогрессировать и может привести к аварийной ситуации.

По данным водолазного осмотра можно констатировать, что в подводной зоне пустотелые массивы сохранились без видимых признаков разрушения, так как коррозии бетона, вызванная химическим действием морской воды, происходит здесь медленно. Незначительным оказалось обрастание отверстий-перфораций в массивах растительными и животными организмами, иначе стало бы вероятным снижение волногасящих свойств конструкции стенки.

Выводы и рекомендации

Опуская некоторые другие аспекты выполненных экспедиционных работ, можно сформулировать следующие основные выводы:

1. Геодезический контроль за горизонтальными и вертикальными смещениями плиты верхнего строения выявил стабильность пространственного положения сооружения в период между двумя циклами наблюдений (один год).
2. С помощью водолазного осмотра обнаружено значительное количество дефектов – взаимных смещений массивов, поворотов, кренов и т. п., причем в ряде случаев отклонения

от проектного положения составили несколько десятков сантиметров. Этот вывод распространяется и на зазоры между столбами пустотелых массивов, где также заметно превышены нормативные допуски. Сопоставление результатов с данными построечной документации указывает на существование динамики в смещениях элементов стенки.

3. По длине причальной стенки имеются многочисленные местные дефекты вертикальной плиты надстройки – трещины, изломы, деформированная арматура и другие механические повреждения, вызванные воздействиями судов. В значительной мере они обусловлены неудачной конструкцией и неудовлетворительным состоянием отбойных приспособлений, нерациональным размещением их на сооружении. При этом некоторая часть причального фронта оснащена амортизаторами из пустотелых покрышек, не предусмотренных проектом.

4. В зоне переменной среды на лицевой поверхности стенки в результате агрессивного воздействия морской воды и других эксплуатационных факторов, а также низкого качества изготовления и укладки бетона наблюдается коррозия и эрозия бетона и заполнителя, коррозия арматуры, что приводит к интенсивному и глубокому разрушению материала конструкции. В подводной зоне сооружения массивы сохранились хорошо, без видимых признаков разрушения.

5. Для предупреждения ухудшения технического состояния пирса-мола по причине прогрессирующих коррозионных разрушений, необходимо использовать известные специальные меры защиты, а также предусмотреть текущий ремонт для их устранения. Кроме того, необходимо произвести замену изношенных и неэффективных амортизаторов (и крепежных деталей), рационально разместить их по длине и высоте причала и др. Отметим также, что предотвращению дальнейших повреждений элементов стенки стоящими у причала судами при интенсивном волнении будет способствовать своевременный отвод их от сооружения.

6. Результаты модельных исследований стенки пирса-мола [3] показали, что при определенных условиях эксплуатации общая устойчивость сооружения и его элементов соответствует уровню, близкому критическому. При наличии большого числа установленных обследованиями дефектов стенки это может привести к тому, что запас несущей способности окажется нейтрализованным. Отсюда следует вывод о необходимости усиления конструкции пирса-мола.

Кроме того, для обеспечения безаварийной работы пирса-мола требуется:

- организовать строгий контроль соблюдения норм эксплуатационных нагрузок в соответствии с проектом;
- обеспечить контроль сохранности знаков геодезической сети, установленных на сооружении на стадии подготовки к инженерным обследованиям;
- выполнять в соответствии с правилами эксплуатации наблюдения за планово-высотным положением верхнего строения;
- провести очередное водолазное обследование (через 3–5 лет).

ЛИТЕРАТУРА

1. Левачев С.Н., Корчагин Е.А., Пиляев С.И., Кантаржи И.Г., Шурухин Л.А. Порты и портовые сооружения / Учебное издание. М.: АСВ, 2015, 536 с.
2. Морозов А.М., Фальк М.А. Особенности конструктивных решений причалов для акваторий с интенсивным волнением / Гидротехнические воднотранспортные и глубоководные сооружения. Сб. трудов № 192. М.: МИСИ им. В.В. Куйбышева, 1984, с. 5–21.
3. Колесников Ю.М. Исследование взаимодействия волн с вертикальной перфорированной стенкой. Гидротехническое строительство, № 11, 2019, с. 44–49.
4. Хасхачих Г.Д., Ванчагов О.М., Морозов А.В. Опыт применения новых конструкций при строительстве морских сооружений за рубежом // Экспресс-информация. М.: Оргтрансстрой, 1978, 30 с.
5. Тлявлин Р.М. Проницаемые волногасящие гидротехнические сооружения в жестком каркасе / Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук, Сочи, 2006, 24 с.
6. Лаппо А.Д., Мищенко С.М. Взаимодействие волн с вертикальной проницаемой стенкой. Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, т. 138. Л.: 1980, с. 102–107.
7. Golshani A., Mizutani N., Hur D-S., Shimizu H. Three-dimensional analysis of nonlinear interaction between water waves and vertical permeable breakwater. Coastal engineering journal. March 2003, №1, Vol. 45, pp. 1–28.
8. Jarlan G. Perforated vertical wall breakwater. The dock and harbour authority. April 1961, pp. 393–398.
9. Стецюк В.А., Фельдман Я.Н. Причалы из пустотелых бетонных массивов // Транспортное строительство. 1988, № 4, 6 с.
10. Андреев Г.Б., Горюнов Б.Ф., Златоверховников Л.Ф., Корчагина А.Я. Техническая эксплуатация портовых сооружений / Под общей редакцией Б.Ф. Горюнова. М., Транспорт, 1974. 352 с.

Kolesnikov Yury Mikhaylovich

Moscow state university of civil engineering, Moscow, Russia
E-mail: kolesoys@rambler.ru

On the operational state of the wave-quenching structure of the pier-mole made of hollow concrete massifs

Abstract. Currently, the search for constructive solutions of berthing and enclosure structures of vertical type, providing a reduction in the reflection coefficient of waves, wave loads on the structures and their bases. To create normal conditions in the part of the wave regime in the Far Eastern port during the reconstruction of the pier-mole, it was proposed to use perforated concrete massifs with a quenching chamber. The use of such structure of a wall in the form of pillar masonry of hollow massifs (without ligation the seams) in the absence of an internal cavity filler as a protective structure has no analogues in our country. The results of operational author's supervision during the construction of the pier-mole showed that on the commissioned section of the structure there are a significant number of defects – rolls, offsets, turns of individual blocks, etc. This situation has led to the need to establish the actual state of the structure and its elements to identify the causes of defects and damage. For this purpose, design, executive documentation, technical supervision materials, etc. were studied and two cycles (initial and main – control) of engineering surveys of the surface and underwater parts of the operated wall section with a length of about 250 m were implemented. Their results served as the basis for the analysis of the technical condition of the structure and the development of measures to improve its operational qualities. The analysis also used data from experimental model studies of the vertical wall structure under consideration.

Keywords: port water area; wave mode; port Structures; vertical wall with wave-quenching properties; engineering surveys of the pier-mole; assessment of the operational status; conclusions and recommendations

REFERENCES

1. Levachev S.N., Korchagin E.A., Pilyaev S.I., Kantarzhi I.G., Shurukhin L.A. (2015). Porty i portovye sooruzheniya. [*Ports and port facilities.*] Moscow: DIA, p. 536.
2. Morozov A.M., Fal'k M.A. (1984). Osobennosti konstruktivnykh resheniy prichalov dlya akvatoriy s intensivnym volneniem / Gidrotekhnicheskie vodnotransportnye i glubokovodnye sooruzheniya. Sbornik trudov № 192. [*Features of constructive solutions for moorings for waters with intense waves / Hydrotechnical water transport and deep-sea structures. Proceedings No. 192.*] Moscow: Moscow Civil Engineering Institute V.V. Kuybysheva, pp. 5–21.
3. Kolesnikov Yu.M. (2019). Study of the interaction of waves with a vertical perforated wall. *Hydraulic engineering*, 11, pp. 44–49 (in Russian).
4. Khaskhachikh G.D., Vanchagov O.M., Morozov A.V. (1978). Opyt primeneniya novykh konstruktsiy pri stroitel'stve morskikh sooruzheniy za rubezhom // Ehkspress-informatsiya. [*The experience of using new structures in the construction of offshore structures abroad // Express information.*] Moscow: Ortransstroy, p. 30.
5. Tlyavlin R.M. (2006). Pronitsaemye volnogasyashchie gidrotekhnicheskie sooruzheniya v zhestkom karkase. [*Permeable wave extinguishing hydraulic structures in a rigid frame.*] Sochi, p. 24.
6. Lappo A.D., Mishchenko S.M. (1980). Vzaimodeystvie voln s vertikal'noy pronitsaemoy stenkoy. [*The interaction of waves with a vertical permeable wall.*] Leningrad: Izvestia All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering named after B.E. Vedeneva, pp. 102–107.
7. Golshani A., Mizutani N., Hur D-S., Shimizu H. (2003). Three-dimensional analysis of nonlinear interaction between water waves and vertical permeable breakwater. *Coastal engineering journal*, 1(45), pp. 1–28.
8. Jarlan G. (1961). Perforated vertical wall breakwater. The dock and harbour authority. pp. 393–398.
9. Stetsyuk V.A., Fel'dman Ya.N. (1988). Berths from hollow concrete massifs. *Transport construction*, 4, p. 6 (in Russian).
10. Andreev G.B., Goryunov B.F., Zlatoverkhovnikov L.F., Korchagina A.Ya. (1974). Tekhnicheskaya ehkspluatatsiya portovykh sooruzheniy. [*Technical operation of port facilities.*] Moscow: Transport, p. 352.