

Сквозное непроницаемое волнозащитное сооружение с камерой гашения в порту Сочи



Николаевский М. Ю.
к. т. н., генеральный директор ООО «Морстройтехнология»



Горгуца Р. Ю.
к. т. н., главный инженер ООО «Морстройтехнология»



Субботин М. В.
аспирант СПбГУВК, инженер 1-й категории ООО «Морстройтехнология»

На современном этапе развития увеличение грузооборота портов достигается за счет таких комплексных мероприятий, как совершенствование перегрузочного оборудования и системы управления, автоматизация перегрузочного процесса и расширение складских мощностей, устройство глубоководных причалов для приемки крупнотоннажных судов.

Строительство глубоководных причалов обуславливает выход на большие естественные глубины и, соответственно, смещение на еще большие естественные глубины оградительных волнозащитных сооружений. Это требует разработки и применения менее материалоемких оградительных сооружений по сравнению с известными откосными и гравитационными конструкциями. В то же время оградительные сооружения должны обладать высокой степенью гашения волновой энергии и отвечать экологическим требованиям современного строительства [1, 2].

Используя метод системного анализа, для минимизации утилитарного подхода при определении приоритетности инвестирования строительных объектов, выборе их типа, производстве и выполнении технологии работ на них необходимо иметь и использовать научно-обоснованную методику принятия технического решения на основе значимости. Мера значимости объекта определяется его характеристиками.

Оградительное сооружение (ОС) представляет собой конструкцию для частичного либо полного отражения и (или) поглощения волны в целях обеспечения безопасности пришвартованных у причалов судов и сооружений портовой инфраструктуры.

Характеристики оградительного сооружения:

- функциональная;
- инженерно-конструктивная;
- архитектурно-эстетическая;
- экологическая.

Функциональная характеристика обуславливается тем, что любое ОС является подсистемой портовой системы (инфраструктуры), которая, в свою очередь, входит как подсистема (транспортный узел) в глобальную транспортную систему страны.

Основным критерием функциональной характеристики ОС является степень гашения волны определенных параметров. Вопрос о модернизации, реконструкции старого или строительстве нового ОС решается в первую очередь в зависимости от волновой обстановки прибрежной зоны.

Исключительное значение для создания и функционирования ОС имеет его инженерно-конструктивная характеристика, определяющая внутреннее содержание и строение и отражающая особенность ОС как единой системы «основание — фундамент — сооружение» [3].

Основным критерием инженерно-конструктивной характеристики ОС следует считать **надежность**, так как она является универсальной характеристикой качества ОС — комплексным свойством объекта, включающим в себя безотказность, долговечность, сохраняемость, ремонтопригодность.

Второй определяющий критерий инженерно-конструктивной характеристики, **материалоемкость**, количественно выражается через такой показатель, как стоимость объекта. Характерная особенность ОС проявляется в том, что для поддержания его в нормальном функциональном состоянии необходимо постоянно тратить материальные средства, а значит, есть эксплуатационные расходы. Причем величина отчислений непосредственно обусловлена принятыми инженерно-конструктивными решениями. Поэтому наряду с уже рассмотренными показателями к определяющим критериям следует отнести и такой критерий, как **ресурсосбережение**. Количественным выражением этого критерия являются эксплуатационные издержки, которые включают в себя затраты на расходные материалы, компенсации за экологический ущерб, амортизационные отчисления и т.п.

На современном этапе развития приобретает значение архитектурно-эстетическая характеристика, например, для портовых районов города Сочи входящие в «Программу строительства олимпийских объектов и развития города

№№ пп	Параметры	Матрица параметров	Характеристики
1	Назначение		P _{1.1} -оградительное сооружение P _{1.2} - оградительное сооружение и причальное сооружение
2	Условия строительства		P _{2.1} -открытое побережье P _{2.2} -закрытая акватория P _{2.3} -«насухо» P _{2.4} -«в воду»
3	Наличие стройматериалов и производственной базы		P _{3.1} -наличие каменного материала P _{3.2} -отсутствие каменного материала P _{3.3} -наличие производственной базы (бетонный завод) P _{3.4} - отсутствие производственной базы (бетонный завод)
4	Естественные условия: геологические		P _{4.1} -слабые грунты (проницаемые) P _{4.2} -скальные грунты
5	Естественные условия: гидрометеорологические		P _{5.1} -h _в <3м P _{5.2} - h _в >3м P _{5.3} - глубина < 10м P _{5.4} - глубина > 10м
6	Естественные условия: геоморфологические		P _{6.1} -перекрывают транзит наносов P _{6.2} - не перекрывают транзит наносов

Рис. 1. Матрица решений для выбора типа конструкции оградительного сооружения

Сочи как горноклиматического курорта», ОС рассматриваются как сооружения, определяющие архитектурный вид города и прилегающей местности [4].

Немаловажную роль в современном строительстве играет экологическая характеристика сооружений [1, 2], критерии для оценки которой приведены в работе [5].

Рассмотрим подробнее инженерно-конструктивную характеристику ОС и вопросы, связанные с выбором типа его конструкции.

Оградительное сооружение — это сложная техническая система, в отношении которой решения приходится принимать в условиях неопределенности, часто при отсутствии исходных данных и оценки последующего их влияние на природную среду.

Заслуживают внимания технические аспекты проблемы принятия инженерных решений. Ситуация выбора решения включает все элементы задачи: состояние исходных данных, варианты решения и их последствия, а также все факторы, оказывающие существенное влияние на решение как объективного, так и субъективного характера.

Для оценки важности частичных целей требуется упорядочение ценностей или предпочтений. Состояние системы и результаты процесса удобно трактовать в виде топологических схем, например дерева целей.

Отдельные этапы процесса (дерева решений) можно представить в виде матриц решения (рис. 1). Разбиение на этапы начинают с некоторого узла решений, из которого исходят одна или несколько ветвей, представляющих варианты решений.

Перевод дерева решений в последовательность матриц, соответствующих отдельным этапам процесса, производится следующим образом:

- маркируют все варианты решений каждого этапа;
- регистрируют все случайные события отдельного этапа;
- получаемые на каждом этапе результаты учитывают с помощью матриц решений.

Причем каждому пути от узла решений как исходного пункта до конца пути на рассматриваемом этапе соответствует одна матрица.

Матрица решений для выбора типа конструкции ОС приведена на рис. 1 для заданных конкретных условий проектирования порта города Сочи:

- назначение: необходима конструкция

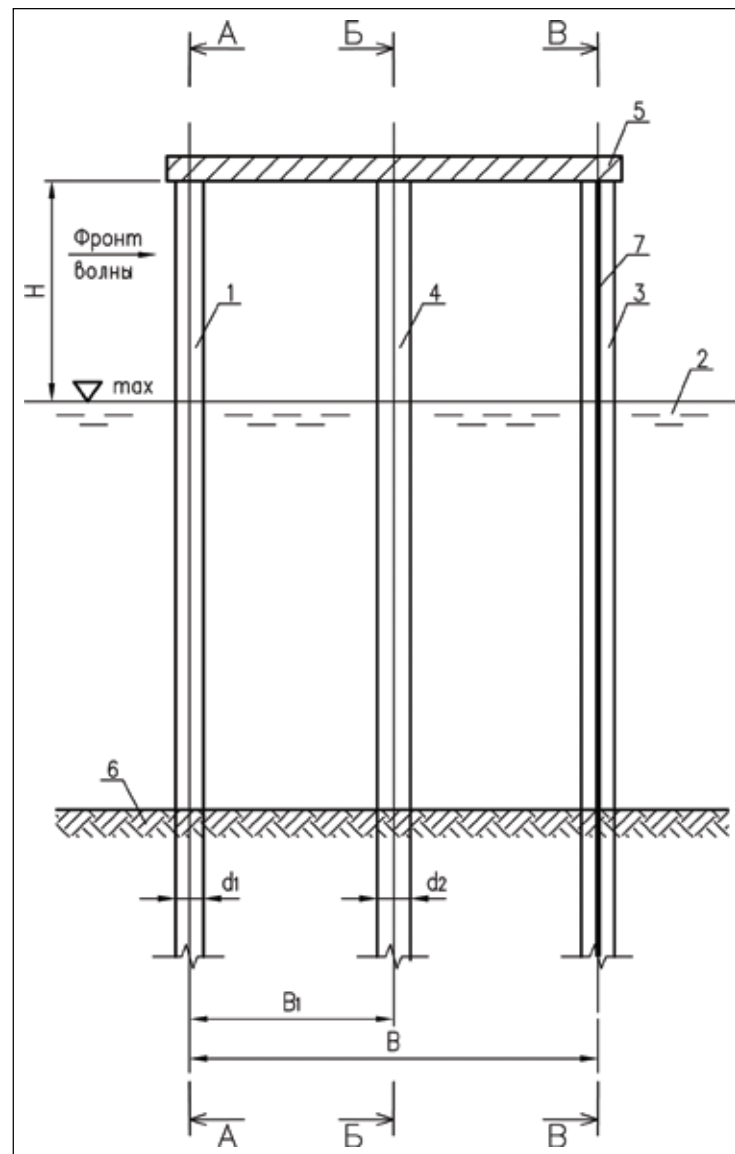


Рис. 2. Принципиальная схема нового типа ОС

волнозащитного сооружения, которая также может служить и причальным сооружением, не допускающим перелив;

- условия строительства: конструкцию возводят на открытом побережье, «в воду»;
- наличие стройматериалов: район не располагает близким наличием каменного материала и производственной базы (бетонного завода);
- естественные условия: площадку строительства слагают слабые (проницаемые) грунты, высота волны в створе сооружения составляет более 3,0 м, глубина у сооружения — около 10 м, существует вдольбереговой транзит наносов.

Рассмотрим процесс выбора ОС, подходящих для данных условий.

Гравитационное сооружение вертикального типа может служить также и причальным сооружением. Возможно его строительство на открытом побережье способом «в воду». В связи с отсутствием поблизости карьеров для добычи камня и производственной базы применение подобного сооружения не является выгодным в плане затрат на материалы. Естественные условия не являются благоприятными для выбора данной конструкции, так как на слабых грунтах применение гравитационного сооружения требует устройства развитой каменной постели.

Сплошная вертикальная стена оградительного сооружения будет создавать «стоячую» разбивающуюся волну, что увеличит нагрузку на конструкцию, а следовательно, и материалоемкость. При заданной высоте волны возникнут значительные всплески и переливы через конструкцию. Также будет перекрыт транзит наносов.

Свайное сооружение вертикального типа имеет те же показатели применимости, что и гравитационное сооружение, за исключением геологических условий: свайные фундаменты рекомендуются применять при слабых (проницаемых) грунтах.

Сооружения откосного типа не могут служить причальными. Возможно их строительство на открытом побережье способом «в воду». В связи с отсутствием вблизи объекта строительства карьеров для добычи камня и производственной базы применение подобного сооружения не является выгодным в плане затрат на материалы. Возможно устройство сооружения на слабых грунтах. По гидрометеорологическим факторам применение сооружения неудовлетворительно, так как при высоте волны более 3 м необходимо дополнительное крепление фасонными блоками, а при большой глубине сооружение приобретает сильно распластаный профиль, что влечет за собой большие затраты материалов. Также будет перекрыт транзит наносов.

Сооружения смешанного типа имеют аналогичные недостатки по применимости для данных условий.

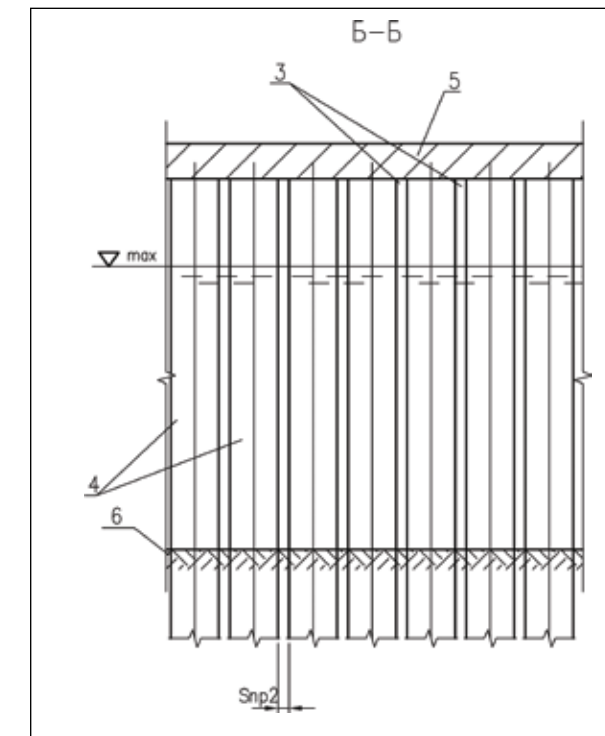
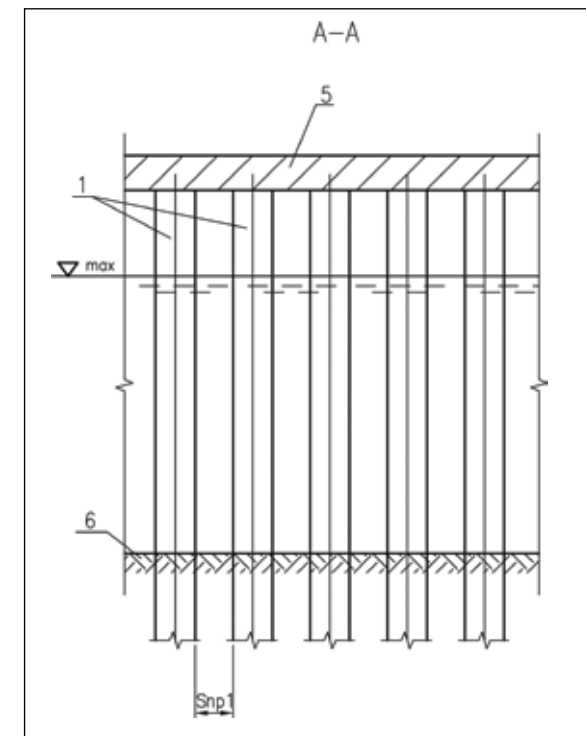
Применение известных типов ОС специального типа в указанных условиях ограничивается в основном высотой воспринимаемой волны — до 3–4 м. По данной причине они не могут быть рекомендованы для данных условий.

Как мы видим, в заданных условиях ни одна конструкция не является подходящей для выбора проектирования и строительства.

Таким образом, необходимо найти новое техническое решение. Учитывая положительный опыт существующих сквозных сооружений в части методов гашения и отражения волновой энергии и современные методы технологии ведения строительных работ (к примеру, пионерный способ с использованием высокопроизводительной современной строительной техники), следовало разработать новую конструкцию волнозащитного сооружения с использованием достоинств существующих конструкций.

В связи с тенденцией увеличения размеров расчетных судов и ориентацией портов на прием больших партий грузов строительство новых портовых мощностей все чаще осуществляется на больших естественных глубинах (до 20 м и более), а следовательно, расчетные параметры волн могут достигать 10–12 м. Проектирование внешних оградительных волнозащитных сооружений необходимо вести исходя из вышеуказанных параметров.

Для выполнения вышеперечисленных требований к конструкциям современных оградительных сооружений наиболее целесообразно применение проницаемых свайных сооружений с устройством камер гашения. Такие конструкции эффективны на больших естественных глубинах, при этом строитель-



ство сооружений можно вести пионерным способом (и, соответственно, в меньшей степени зависеть от метеоусловий), данные конструкции наносят меньший ущерб рыбному хозяйству [5].

Сквозное непроницаемое волнозащитное сооружение с камерой гашения

Разработанная ООО «Морское строительство и технологии» конструкция оградительного сооружения предназначена для защиты внутренней акватории порта от воздействия волн большой высоты и может быть эффективно использована на больших естественных глубинах.

Принципиальная схема конструкции сооружения и принцип работы показаны на рис. 2–4. Волнозащитное сооружение включает ряд свай 1 со стороны фронта волны. Со стороны защищаемого объекта — акватории 2 морского порта расположен ряд свай 3, которые объединены в глухую стену. Между рядом свай 1 и рядом свай 3 установлен промежуточный ряд свай 4. Все сваи сооружения объединены в верхней части ростверком 5. Сваи заглублены в основание — дно акватории 6. Сваи 3 соединены между собой посредством шпунтовых замков 7. Все сваи имеют одинаковую высоту и представляют собой металлические трубы.

В конкретном варианте исполнения (порт Сочи) сваи 1 имеют наружный диаметр $d_1 = 1020$ мм, сваи 4 имеют наружный диаметр $d_2 = 1220$ мм. Диаметр свай 3 определяется по условиям прочности и не влияет на эффективность гашения волн. Для предотвращения коррозии труб изнутри они могут быть заполнены бетоном. Превышение H ростверка относительно максимального уровня воды в акватории составляет: $H = (0,8 - 1,2)h_{\text{вmax}}$, где $h_{\text{вmax}}$ — принятая максимальная высота волн в акватории, $h_{\text{вmax}} \leq 10$ м; расстояние B между рядом свай со стороны фронта волны и рядом свай

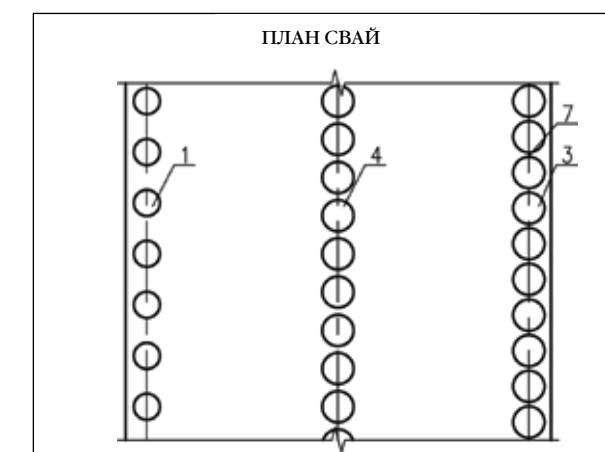
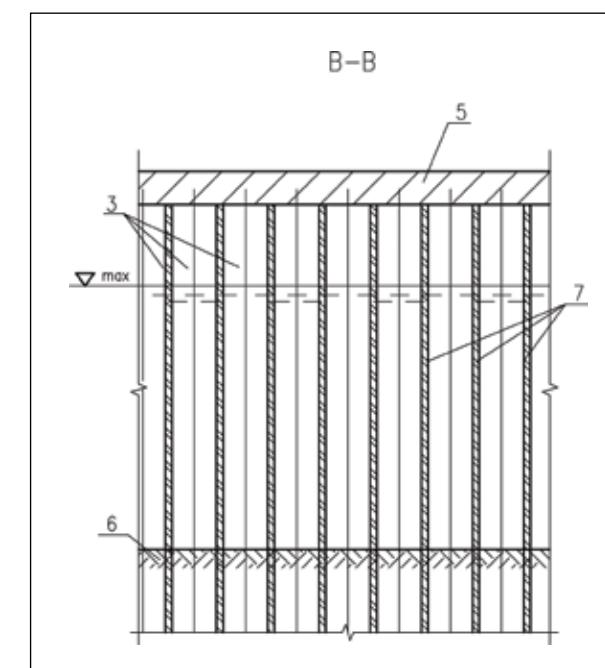


Рис. 3. Разрезы А-А, Б-Б, В-В, план свай

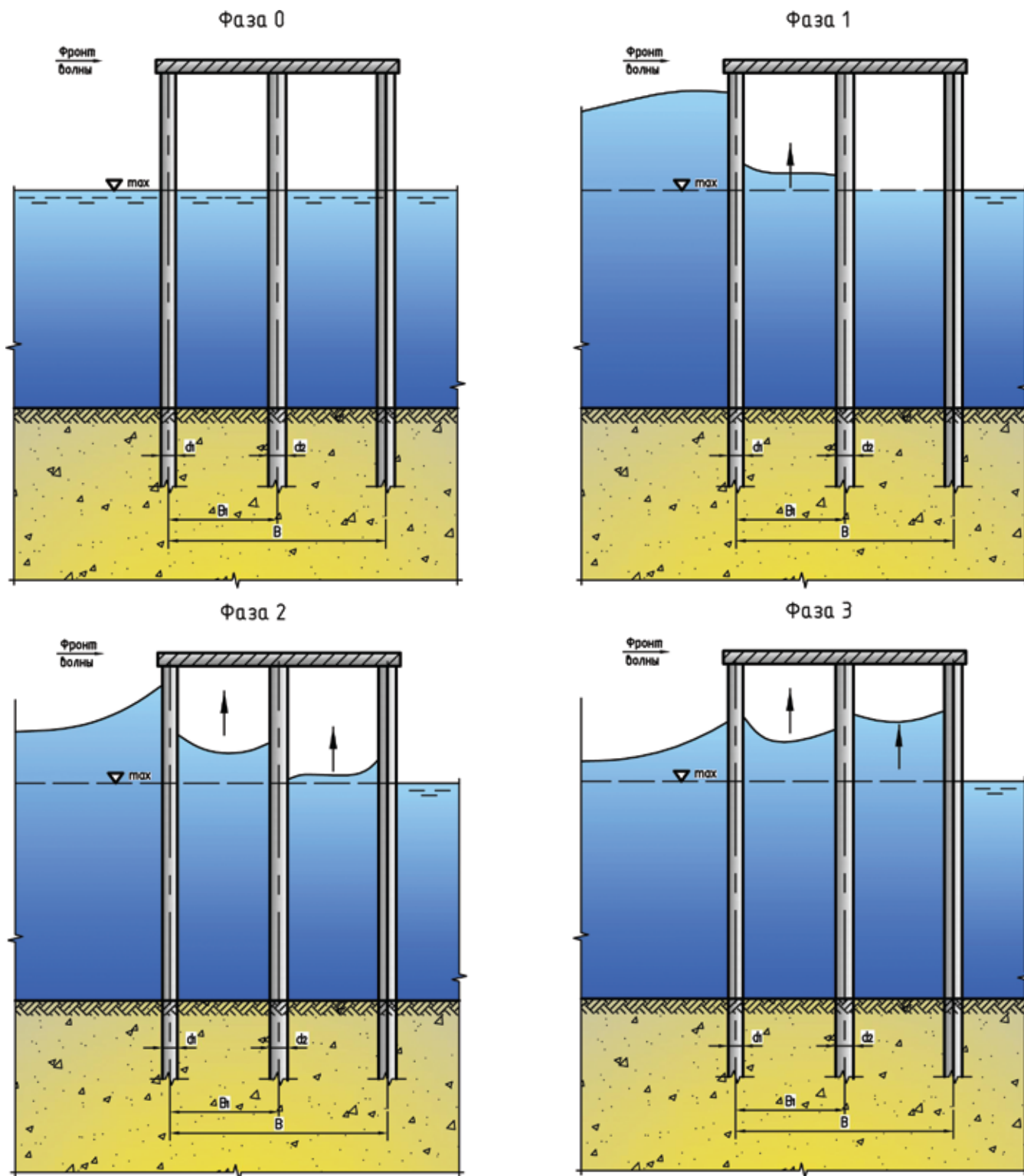


Рис. 4. Фазы взаимодействия волны с ОС нового типа

со стороны защищаемого объекта составляет: $B = (0,1 - 0,2)\lambda_{\text{вmax}}$, где $\lambda_{\text{вmax}}$ — принятая максимальная длина волны в акватории, $\lambda_{\text{вmax}} \leq 160$ м; расстояние B_1 между рядом свай со стороны фронта волны и продольными осями промежуточного ряда свай составляет: $B_1 = (0,4 - 0,6)B$; расстояние $S_{\text{пр1}}$ между соседними сваями в ряду со стороны фронта волны составляет: $S_{\text{пр1}} = (0,6 - 1,0)d_1$, где d_1 — диаметр свай в ряду со стороны фронта волны, расстояние $S_{\text{пр2}}$ между соседними сваями в промежуточном ряду: $S_{\text{пр2}} = (0,15 - 0,3)d_2$, где d_2 — диаметр свай в промежуточном ряду.

Расчетными параметрами сооружения являются: продольная сквозность s (отноше-

ние площади отверстий к общей площади фронтальной поверхности), ширина между продольными рядами свай B_1 (ширина камер гашения), отметка верха сооружения.

Гашение волн в данной конструкции происходит следующим образом: при прохождении волны через ряд свай 1 волна частично разбивается об эти сваи, частично отражается от них. За сваями 1 происходит разделение ламинарного потока на отдельные турбулентные зоны. Волновой фронт достигает промежуточного ряда свай 4, при этом вода проходит за сваи 4 с задержкой, поскольку скорость прохождения волны через средний ряд свай 4 существенно ниже скорости под-

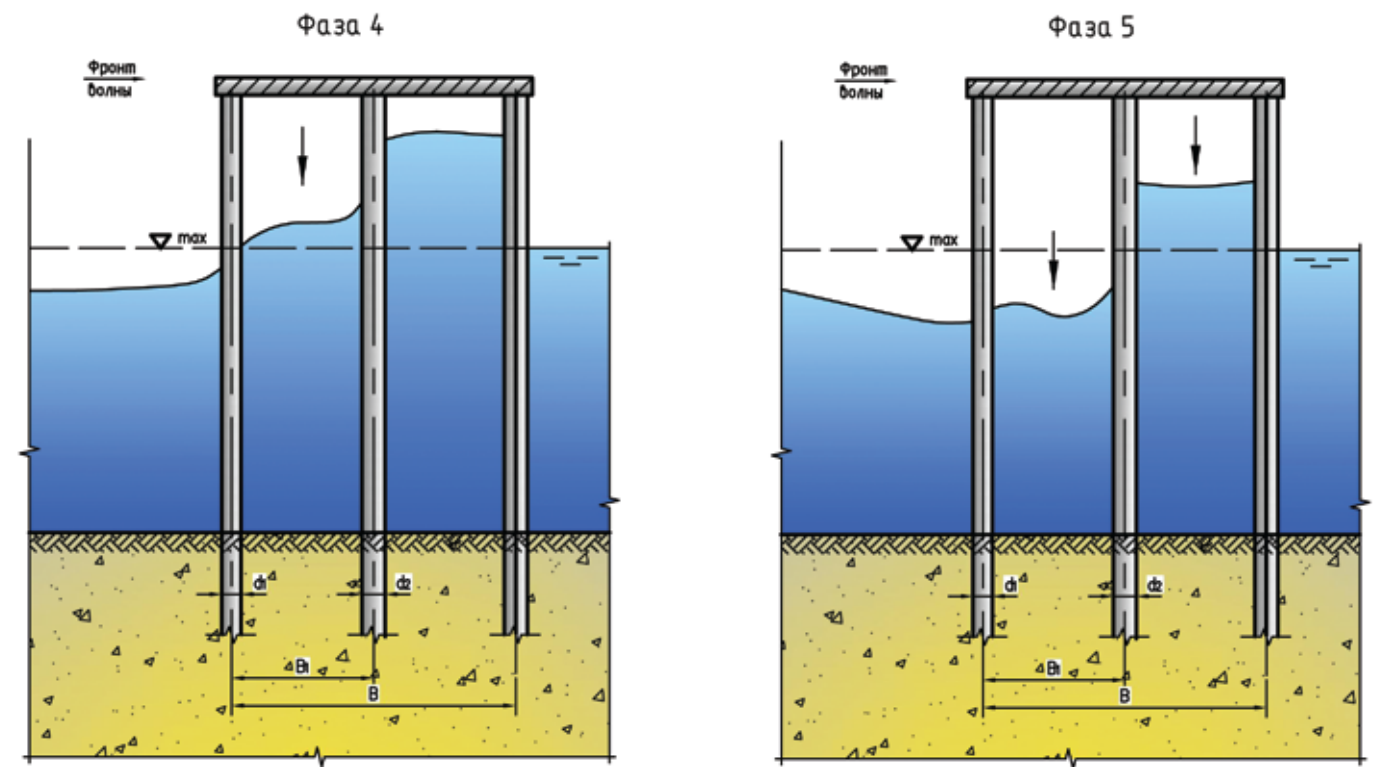


Рис. 4. Фазы взаимодействия волны с ОС нового типа

хода волны к ряду свай 1. Уровень воды между рядами свай 1 и 4 поднимается, происходит частичное отражение волны от ряда свай 4 и переориентация движения потока воды навстречу набегающей волне. После прохождения волны за ряд свай 4 возникает поднятие уровня воды за рядом свай 4 и его понижение между рядами 1 и 4. Ряд свай 4 препятствует пропуску и обратному прохождению волны, направляя потоки воды навстречу друг другу. Происходит смещение фаз прохождения волны через сооружение, и встречные по-

токи воды гасят друг друга. Основные фазы взаимодействия волны с сооружением приведены на рис. 4.

Разработанная принципиальная схема нового типа ОС позволяет повысить эффективность гашения волн, предотвратить переливы воды через сооружение, поскольку потоки воды гасят друг друга, уменьшить ударные воздействия на ростверк 5 и сваи 3, объединенные в глухую стену. За счет этого существенно уменьшится материалоемкость сооружения, упростится его конструкция.

Выводы

Сквозное непроницаемое оградительное сооружение в виде эстакадной конструкции с камерой гашения имеет следующие преимущества:

- малые сроки возведения (ведение работ практически не зависит от погодных условий);
- технологичность (возможность строительства пионерным способом);
- сейсмостойкость (может работать в сейсмических районах строительства, до 9 баллов);
- возможность возведения на любых грунтах основания, допускающих погружение свай;
- экологичность;
- повышение эффективности гашения волн (разделение сооружения на два отсека создает эффект рассредоточения потоков, преобразования водной массы в водовоздушную смесь, регулирования направления движения потоков навстречу друг другу);

Литература:

1. Об экологической экспертизе: Федеральный закон от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ.
2. О составе разделов проектной документации и требования к их содержанию: Постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. № 87.
3. Гидротехнические сооружения. Основные положения: 33-01-2003.
4. Градостроительный кодекс РФ от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ.
5. Николаевский М. Ю., Горгуца Р. Ю., Субботин М. В. Экологическая оценка морских внешних оградительных сооружений // Гидротехника XXI век. 2012. №2(9). С. 44—48.