

Гидротехника

наука и технологии

РАСЧЕТ НАГРУЗОК
ГТС

БЕРЕГОЗАЩИТНЫЕ
СООРУЖЕНИЯ

№ 3, 2023
сентябрь — ноябрь

ГИБКОЕ БЕТОННОЕ
ПОКРЫТИЕ ПБЗГУ СТР. 64





БМНК — Беспилотный мобильный надводный комплекс «КАЛАН»:

- ГИДРОГРАФИЧЕСКИЕ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ;**
- ПОИСКОВЫЕ РАБОТЫ;**
- ОБСЛЕДОВАНИЕ ДНА АКВАТОРИЙ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ.**

УНИКАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ — ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ:

- в местах, где затруднен спуск на воду обычных плавсредств, — топкие, заиленные, заросшие берега;**
- на участках критического мелководья с глубинами до 0,3 м;**
- на объектах, где нахождение людей на акватории небезопасно, — пруды-охладители, шламохранилища и другие водоемы с нестандартным наполнением;**
- на участках с крутыми стенками набережных.**

СОДЕРЖАНИЕ

ГТС ВОДНОГО ТРАНСПОРТА. ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Горячкин Ю. Н., Марков А. А. Анализ эффективности реконструкции берегозащитных сооружений Крыма.....	2
Гуткин Ю. М. Расчет больверков на нагрузки от судов.....	10
Горгуца Р. Ю., Миронов М. Е. Расчет ледовых нагрузок на гидротехнические сооружения на примере проекта морского портового комплекса в Татарском проливе.....	15
Суслов И. Б. Водолазное обследование гидротехнических сооружений как специальный вид инженерных изысканий.....	22
Дунчевская С. В., Видихин С. В., Большаков Е. Н. Опытная эксплуатация беспилотного мобильного надводного комплекса КАЛАН на внутренних водных путях и морских прибрежных акваториях и дальнейшее развитие системы.....	26
Баринов О. Г., Баринаева М. А. Реинтродукция водяного ореха (<i>Trapa natans</i> L.) с целью повышения биопродуктивности водохранилищ.....	29

ГТС ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Тимофеев А. В., Максимов П. Н., Грознов Д. И. Применение оптоволоконной технологии для мониторинга трубопроводных систем отведения шахтных вод в криолитозоне.....	34
---	----

МОРСКИЕ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВЫЕ ГТС

Востров В. К., Мансуров М. Н. О методологии расчетов сооружений на сейсмические воздействия.....	44
---	----

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

Киселев В. А. Малые блок-модульные проточные гидроэлектростанции как один из путей использования энергии рек.....	57
--	----

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ

Земляков С. Б. Опыт применения технологии «ПайпАрм» для ремонта водопропускных гидротехнических сооружений.....	61
Метлицкий В. С. Гибкое бетонное покрытие для противоэрозионной защиты сооружений.....	64
Панкратьев Е. Г. Применение георешетки в строительстве инфраструктуры водного транспорта.....	66
Соболева С. В. Кадровые и технические ресурсы — важнейшие условия качественного строительства.....	68
Штин С. М., Акулич Ю. В. Технические решения для гидромеханизации в условиях Заполярья.....	70
Архипова Н. А. Оценка состояния грунтов — условие надежности и безопасности ГТС. Опыт испытательной геотехнической лаборатории АО «ЛЕНМОРНИИПРОЕКТ».....	75

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 627.522 (265)

DOI: 10.55326/22278400_2023_3_2

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КРЫМА

Горячкин Юрий Николаевич¹ ✉, Марков Алексей Анатольевич²

^{1,2} Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия, yngor@mhi-ras.ru

Аннотация. Рассмотрен ход реализации проектов реконструкции берегоукрепительных сооружений Крыма по федеральной целевой программе. Цель работы — предварительная оценка эффективности, достоинств и недостатков этих проектов. Использовались данные обследований объектов и исследования, выполненные Морским гидрофизическим институтом РАН, а также материалы проектов, помещенные в открытом доступе. В соответствии с планами, десять объектов должны были быть введены в эксплуатацию до конца 2020 г. Фактически на середину 2023 г. сданы в эксплуатацию четыре объекта. По пяти объектам проекты потребовали корректировки, строительство отдельных объектов из-за недостатков проектирования остановлено. Причиной такого положения дел стало, по мнению авторов, игнорирование предыдущего опыта проектирования, строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений на Крымском полуострове. Дана обоснованная критика применения набросных конструкций, волноломов и искусственных мысов. Отмечено, что для некоторых проектов предварительные изыскания были крайне поверхностными, а сложившаяся практика такова, что тендеры на выполнение проектов часто выигрывают организации, не имеющие практического опыта работы на побережье Крыма. Фотографии предоставлены авторами.

Ключевые слова: берегоукрепительные сооружения, противооползневые мероприятия, пляжеудерживающие сооружения

Благодарности. Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания FNNN-2021–0005.

Для цитирования: Горячкин Ю. Н., Марков А. А. Анализ эффективности реконструкции берегозащитных сооружений Крыма // Гидротехника. 2023. № 3. С. 2–9.

ORIGINAL ARTICLE

EFFECTIVENESS ANALYSIS OF RECONSTRUCTION OF CRIMEAN COASTAL PROTECTION STRUCTURES

Yuri N. Goryachkin¹ ✉, Aleksey A. Markov²

^{1,2} Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol, Russia, yngor@mhi-ras.ru

Abstract. The paper considers the progress of implementation of projects for the reconstruction of the Crimean coastal protection structures under the Federal Target Program. The purpose of the work is a preliminary assessment of the effectiveness, advantages and disadvantages of these projects. We used data from surveys of objects and studies carried out by Marine Hydrophysical Institute of the Russian Academy of Sciences, as well as publicly available project materials. In accordance with the plans, ten facilities were to be put into operation by the end of 2020. In fact, four facilities have been commissioned as of mid-2023. For five objects, the projects required adjustments, the construction of individual objects was stopped due to design flaws. We believe this situation can be explained by neglect of the previous experience in the design, construction and operation of hydraulic structures on the Crimean Peninsula. The paper criticizes the use of rockfill structures, breakwaters and artificial capes, which were abandoned

(quite reasonably in view of a negative experience) even under the USSR. It is noted that for some projects, preliminary surveys were extremely superficial, and the established practice is that tenders for project implementation are often won by organizations that do not have any practical experience of work in the conditions of the Crimean coast. Photos are provided by the authors.

Keywords: coastal protection, anti-landslide measures, strengthening the beach of the seashore

Acknowledgments: The work was carried out under state assignment № FNNN-2021-0005.

For citation: Goryachkin Yu. N., Markov A. A. Effectiveness analysis of reconstruction of Crimean coastal protection structures // *Hydrotechnika*. 2023. № 3. Pp. 2–9.

Введение

В 2014 г. после воссоединения Крыма с Россией руководство РФ, понимая важность и необходимость восстановления и развития рекреационной сферы Крыма, включило в федеральную целевую программу (ФЦП) «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 г.» мероприятия по *берегоукреплению* (далее мы будем применять этот термин, использованный в документе, хотя речь в нем идет о реконструкции берегозащитных, пляжеудерживающих и др. сооружений. — Прим. авт.). В тот период в условиях энергетической, водной и транспортной блокад Крыма это был непростой выбор. Всего по указанной программе первоначально предполагалось восстановить и реконструировать десять объектов, а на эти цели выделялось около 1,5 млрд руб. бюджетных средств. Впоследствии ФЦП видоизменялась, некоторые объекты были исключены, другие добавлены, увеличивалось по объективным причинам финансирование. В конечном итоге от первоначальной программы осталось семь объектов, а всего в разной степени мероприятия по берегоукреплению за бюджетные средства были проведены на десяти объектах, которые и рассмотрены в настоящей статье.

Состояние вопроса

Строительство гидротехнических сооружений (ГТС) на Крымском побережье ведется с конца XIX в. [1]. Основные работы по защите береговой полосы на Южном берегу Крыма (ЮБК) начались в 60-х гг. XX в. В условиях ограниченности площади пляжей и наличия активных оползневых процессов были востребованы новые, не стандартные для того времени решения. Впервые примененный

в 1966 г. для пляжа Массандра (г. Ялта) комплекс берегозащитных и противооползневых сооружений, включающий набережную с системой дренажей, искусственный пляж и буны, был признан успешным. Без серьезных ремонтов построенные сооружения на этом пляже эксплуатируются по настоящее время. В дальнейшем подобный комплекс был применен и на других участках ЮБК, при этом значительное финансирование, которое выделяли министерства и ведомства СССР для своих здравниц, к началу 1980-х гг. позволило укрепить более 30 км побережья, стабилизировать около 120 га прибрежных оползневых территорий, создать около 600 тыс. м² искусственных пляжей [2]. В 1970–1980-х гг. различными организациями проводились целенаправленные исследования процессов в береговой зоне. Для выработки оптимальных технических решений осуществлялась координация работ научных, проектных и строительных организаций различной ведомственной принадлежности. Но не все технические решения были удачными. Так, в условиях ЮБК показали низкую эффективность конструкции комплекса активной берегозащиты в виде бун (траверсов) и волноломов с отметкой верха «минус» 1,0 — «минус» 1,5 м, реализованные на ряде участков берега. Во время шторма материал пляжа оттягивался под волнолом и при обрушении волны на волноломе забрасывался на его морскую грань, безвозвратно уходя на глубину. Существенно, что волноломы затрудняли водообмен, приводя к образованию застойных зон в межбунных отсеках [3]. К концу 1980-х гг. практически все такие конструкции были разобраны. Положительным моментом было то, что оптимальные решения вырабатывались путем стро-

ительства опытных участков с последующим их мониторингом. Разрабатываемые варианты берегозащиты исследовались на физических моделях в волновых бассейнах Черноморского отделения ЦНИИС [4]. При проектировании там, где это было возможно, старались минимально воздействовать на природную среду. К 1988 г. была подготовлена «Региональная схема инженерной защиты Черноморского побережья Крымской области», которая должна была послужить основой для дальнейшего развития прибрежных территорий Крыма и которая так и осталась нереализованной.

К 2014 г. большая часть берегозащитных сооружений Крыма находилась в эксплуатации более 30–40 лет [5]. Значительная часть их была в аварийном или предаварийном состоянии, что было связано в первую очередь с ненадлежащей эксплуатацией в предыдущие годы (пляжи не пополнялись, сооружения, поврежденные сверхнормативными штормами, не ремонтировались). Так, в Западном Крыму только около 40% берегозащитных сооружений находилось в нормальном и удовлетворительном состоянии, 25% — в неудовлетворительном, 35% — в аварийном и предаварийном состоянии [6].

Уже после принятия ФЦП состоялось ее обсуждение на научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь, 2015 г.). [7]. Вопросы выполнения ФЦП и возникающие при этом проблемы нашли свое отражение и на XXVIII Береговой конференции (Севастополь, 2020 г.) [8, 9]. Позже вышла работа, посвященная проблематике разработки генеральной схемы берегозащиты Крымского полуострова [10].



Рисунок 1
Места расположения берегоукрепительных сооружений Крыма, подлежащих реконструкции

К 2023 г. 30% берегозащитных сооружений Крыма находится в эксплуатации более 50 лет, а 70% — от 35 до 45 лет. Нормативный срок эксплуатации (50 лет) большинства из них близок к предельному, сооружения имеют значительный износ и повреждения. К сожалению, как в период нахождения Крыма под украинской юрисдикцией, так и в период после воссоединения с РФ в части разработки генеральной схемы берегоукрепительных сооружений Крымского побережья практически ничего не было сделано, хотя вопрос поднимался неоднократно. При этом СП 277.1325800.2016 определяет порядок устройства берегозащитных сооружений на морском побережье РФ. Согласно п. 6.3.1 данного СП, основой для разработки проекта должна быть генеральная схема берегозащитных мероприятий, подтверждающая их технико-экономическую целесообразность и удовлетворяющая природоохранным и экологическим требованиям. В этой схеме, согласно п. 6.3.4, должны быть установлены границы литодинамических систем, определены гидрометеорологический и литодинамический режимы, определены рекомендованные типы берегозащитных сооружений, исходя из опыта их эксплуатации.

Отсутствие генеральной схемы, учитывающей опыт строительства и эксплуатации сооружений в предыдущие годы, результаты детального исследования и определения границ литологических систем, а также гидрометеорологического режима прибрежной зоны моря, как будет показано ниже, является одной из основных причин низкого качества проектных решений, неэффективного исполь-

зования государственных средств и срывов сроков при проектировании и строительстве берегозащитных сооружений.

Цель работы и использованные материалы

В период с 2014 г. по настоящее время в Республике Крым в рамках обозначенной выше ФЦП за счет средств федерального бюджета реализовано и реализуется десять проектов, связанных с реконструкцией берегоукрепительных сооружений (рис. 1). В связи с этим целью работы являлась предварительная оценка эффективности, достоинств и недостатков этих проектов. Авторами использовались данные обследований и материалы НИР, выполненных Морским гидрофизическим институтом РАН (МГИ РАН) в связи с выполнением ФЦП, а также материалы проектов, помещенные в открытом доступе.

Результаты и обсуждение

Берегоукрепительное сооружение санатория «Пионер» (Симеиз) — цифра 1 на рис. 1. Сооружение протяженностью около 400 м состояло из гидротехнической подпорной стены, мола, набережной, подпорной стены 2-го яруса и искусственного щебеночного пляжа, его строительство было закончено в декабре 1990 г. Мол был разрушен экстремальным штормом в ноябре 1992 г. и до настоящего времени не восстановлен, представляет собой хаотичный навал бетонных конструкций (цифра 1 на рис. 2). Дополнительные разрушения принес шторм октября 2011 г. На набережной наблюдались просадки и разрушение покрытия. На протяжении 100 м искусственный пляж полностью отсутствовал, еще на 100 м ширина составляла 6–10 м. Объект находится в границах особо охраняемой природной территории «Прибрежный аквальный комплекс у скалы Дива и горы Кошка». В период юрисдикции Украины над Крымом был выполнен проект реконструкции, который включал в себя типовое для ЮБК устройство подводного банкета, бун и искусственного пляжа из карьерного материала. Посредством подводного банкета предполагалось

уменьшить уклон дна, а бун должны были ограничить вдольбереговой перенос пляжного материала. Ранее это техническое решение хорошо себя зарекомендовало на приглубых участках ЮБК. Из-за отсутствия финансирования это проектное решение не было реализовано. В 2015 г. ООО «Гидротехника» (г. Сочи) был выполнен новый проект, который предусматривал устройство подводных и надводных волноломов, искусственного мыса на восточной границе участка проектирования и искусственного пляжа. Главгосэкспертиза России, рассмотрев материалы проекта, заключила, что результаты инженерных изысканий и вся документация соответствуют требованиям технических регламентов и другим установленным требованиям, а документация проекта — результатам инженерных изысканий. Работы на объекте начались в 2018 г., в 2021 г. он был сдан в эксплуатацию.

На момент сдачи объекта была выполнена отсыпка пляжа (цифра 2 на рис. 2) шириной 25 м карьерным щебнем фракции 40–70 мм (?), что совсем не способствует комфортному пляжному отдыху. После прохождения зимних штормов 2022 г. на участке берега, расположенном к востоку от бун-пирса (цифра 3 на рис. 2), на протяжении 40 м пляж был практически потерян. На остальном участке линия уреза сдвинулась в сторону берега с формированием надводного откоса с уклоном морской грани до 60°, что является косвенным свидетельством того, что существенного снижения высоты волны не было даже в акватории непосредственно за волноломом. В мае 2022 г. надводная часть пляжа была спланирована эксплуатирующей организацией, однако осенью 2022 г., с началом осенних штормов, он вновь



Рисунок 2
Общий вид из космоса на берегоукрепительное сооружение в санатории «Пионер» на стадии строительства (2021 г.)

переместился в восточном направлении. Очевидно, что перемещение пляжа в этом направлении при сильном волновом воздействии обусловлено именно конструктивными решениями. В дальнейшем при эксплуатации пляжа необходимо будет регулярно выполнять работы по разравниванию и перемещению пляжного материала на западный участок. Оценка объема его потерь показала, что они существенно превосходят нормативные, что будет требовать дополнительных затрат, связанных с пополнением пляжа. Немаловажно, что надводные волноломы, которые представляют собой сетчатые металлические коробки, заполненные диким камнем (цифры 4 и 5 на рис. 2), расположены всего в 20–30 м от уреза, что способствует созданию застойных зон, где скапливается разнообразный мусор, и даже при небольшом волнении создает опасность для купающихся (рис. 3).

В процессе строительно-монтажных работ здесь находится еще один объект, спроектированный той же организацией, — «Берегозащитные сооружения в районе очистных сооружений пгт. Симеиз» (цифра 2 на рис. 1).

Реконструкция набережной им. Терешковой с прилегающим сквером им. Караева с берегоукрепительными работами, г. Евпатория — цифра 3 на рис. 1. Берегозащита протяженностью 1127 м откосного типа с гидротехнической подпорной стеной волноотбойного профиля была построена в конце 1970-х гг. на месте разрушенной в 1966 г. аномальным штормом набережной. Фронт сооружения был выдвинут на 30–50 м от бывшего уреза воды, что привело к исчезновению существовавшего здесь пляжа. Из-за технического состояния дальнейшая эксплуатация набережной представляла опасность для отдыхающих. В состав проекта, также подготовленного ООО «Гидротехника», входили два надводных волнолома, длиной по 80 м, изготовленных по той же технологии, что и в Симеизе. Работы на объекте были начаты в 2018 г. и должны были закончиться в 2019 г. Поскольку строительство объекта еще не закончено (сдача предполагается в декабре 2023 г.), давать окончательную



Рисунок 3
Застойная зона между урезом и волноломом санатория «Пионер»

оценку принятым проектным решениям пока преждевременно. Вместе с тем, анализ последовательных космических снимков показал, что после отсыпки пляжного материала (галька) он в значительной мере переместился к востоку, а в западной части сформировалась зона размыва. Волноломы не препятствуют вдольбереговому потоку наносов, а, возможно, и усиливают его. Это послужило одной из причин необходимости корректировки проекта с устройством двух искусственных мысов по границам участка и дополнительного волнолома. Кроме этого, в центре города, со стороны порта у северного искусственного мыса, формируется обширная застойная зона, в которой накапливаются водоросли и различный мусор.

Берегозащитные сооружения с берегового Бахчисарайского района — цифра 4 на рис. 1. В конце 1980-х гг. в целях «облагораживания» территории здесь была возведена откосно-ступенчатая волногасящая набережная длиной 370 м. До этого ширина пляжа была до 25 м, после окончания строительства пляж начал неуклонно уменьшаться, к 2006 г. его максимальная ширина перед набережной равнялась 5 м, после чего он исчез. В 2011 г. начался процесс деформации и разру-



Рисунок 4
Вид на берег прилегающей к северному торцу набережной в с. Береговом

шения набережной, в 2013 г. начались работы по ее восстановлению. Была запланирована реконструкция набережной со строительством шести бун, что вызвало обоснованную критику. В 2015 г. строительство из-за смены собственника и организационных неурядиц было заморожено. В 2020 г. оно было возобновлено по новому проекту, разработанному ООО «Инжзащита» (г. Ялта), и в 2021 г. завершено. Схема берегозащитных сооружений представляет из себя традиционное решение в виде стенки с наклонной передней гранью из двух полнопрофильных бун и искусственного пляжа длиной 90 м из карьерного щебня фракции 40–70 мм. На остальной части набережной (300 м) вместо пляжа отсыпана глыбовая наброска. Защита берега при применении этого решения носит локальный характер и не рекомендуется нормативными документами при наличии вдольберегового потока наносов. В условиях преобладающего вдольберегового переноса в северном направлении уже в процессе строительства входящий — южный угол начал заполняться пляжным материалом, а на северной границе участка активизировались абразионные процессы, в результате чего пляж к северу от набережной исчез, и понадобилось устройство каменной глыбовой наброски, защищающей северный торец набережной (рис. 4).

Если говорить о рекреационных свойствах пляжа, то принятую проектом фракцию 40–70 мм при относительно отлогом береговом склоне и, соответственно, средней волновой нагрузке на пляж трудно объяснить. Тем более что на данном участке природный пляж представлен песчано-гравийным материалом с содержанием гравия не более 10–15%. По нашим наблюдениям, отдыхающие игнорируют искусственный пляж и предпочитают соседний природный.

Реконструкция берегоукрепительных сооружений в пгт. Приморском, г. Феодосия — цифра 5 на рис. 1. В комплекс берегозащиты входили: волногасящее сооружение продольного типа с откосной частью и подводным волноломом, построенное в 1969 г. (1300 м), и участок протяженностью



Рисунок 5
Вид из космоса на северную буну набережной в г. Саки. Слева — до начала строительства (апрель 2019 г.), справа — в начале строительства (апрель 2020 г.)

500 м с набережной, искусственным галечным пляжем и семью бунами, построенными в 1986–1990 г. После завершения строительства к западу от берегозащиты постепенно уменьшалась ширина пляжа, в связи с чем активизировался оползень на клифе. Стала очевидной необходимость дальнейшего проведения берегоукрепительных работ. Первый проект разработали еще в 1994 г., в 2011 г. его скорректировали, однако проект не был реализован из-за отсутствия финансирования. В 2018–2021 гг. по проекту ООО «Инжзащита» (г. Ялта) на участке протяженностью около 500 м были построены дополнительно пять полнопрофильных бун длиной по 65 м и межбунным расстоянием 100 м, отсыпан пляж из карьерного щебня фракции 40–70 мм, природные пляжи до строительства бун здесь были песчаные. Сейчас отмечается накопление наносов к западу от построенной берегозащиты, что подтверждает ранее существовавшие представления о направлении вдольберегового потока наносов. Основные вопросы к проекту — это целесообразность отсыпки на рекреационном пляже в условиях отлогого берегового склона карьерного щебня фракции 40–70 мм, а также обоснованность длины бун, которые практически полностью перехватывают существующий вдольбереговой поток наносов.

Строительство пешеходной набережной вдоль ул. Морской, г. Саки — цифра 6 на рис. 1. Коснемся только работ в береговой зоне, которые предусматривали серьезное вмешательство в природные процессы на пересыпи оз. Сакское, ранее уже подвергавшейся негативному антропогенному воз-

действию [11]. Проектным решением, выполненным ООО «Берегозащита» (г. Краснодар), предусматривалось строительство двух полнопрофильных бун длиной 125 м из железобетонных коробов и 10 надводных волноломов. Несмотря на неоднократные предупреждения со стороны научных организаций Крыма о возможном негативном воздействии такого проекта, в начале 2019 г. подрядчик приступил к строительным работам. После устройства технологических бун стало ясно, что буны в случае их строительства в проектных размерах практически полностью перекроют поток наносов, что приведет к существенной потере пляжа на участке севернее расположения бун (рис. 5). На рисунке хорошо видно, что с южной стороны буны накапливается пляжный материал, а с северной наблюдается размыв. Отступление берега реально угрожало целостности конструкции проходящей здесь трубы глубоководного канализационного выпуска.

В целях исследования влияния построенных участков на литодинамику авторами были выполнены натурные наблюдения подводного и надводного рельефов, сравнение профилей на контрольных створах и предварительная оценка изменения фракционного состава наносов. На основе полученных результатов было установлено, что частично построенные буны существенно влияют на трансформацию береговой полосы как выше линии уреза, так и на глубинах до 4,5 м. Так, по результатам контрольной геодезической съемки в начале 2023 г., объем накопленного гравийно-галечного материала на прилегающем к южной

буне 500-метровом участке составил около 12 тыс. м³. При этом севернее ее наблюдался интенсивный размыв пляжа. Вследствие проявившегося явного отрицательного воздействия на береговую зону в 2021 г. строительство было приостановлено, а проект был отправлен на корректировку в ООО «Институт «КРЫМГИНИТИЗ». Научное обоснование для проектирования было выполнено МГИ РАН. В нем было показано, что реализация проекта в существующем виде неминуемо приведет к сокращению ширины пляжной зоны, понижению высотных отметок пляжа, замене на некоторых участках песчаного пляжа на галечно-гравийный. На отдельных участках возможен подмыв и повреждение стены набережной. Кроме этого, с большой вероятностью возникнет необходимость проведения работ по устройству берегозащитных сооружений на дополнительных участках.

Реконструкция набережной в пгт. Коктебель, г. Феодосия — цифра 7 на рис. 1. В Коктебельской бухте в 1954–1967 гг. велась промышленная добыча песчано-гравийных смесей, что привело к сокращению пляжей. В 1967 г. сильный шторм смыл остатки пляжа, подмыл и завалил подпорные стены, разрушил набережную. Дефицит наносов и активизация абразии привели к необходимости укрепления берега и создания искусственного пляжа. Отсыпка привозного материала была произведена на западном крыле бухты, что дало положительные результаты. Предусматривался завоз дополнительного объема пляжеобразующего материала, однако этот этап проекта не был реализован. Образовавшийся в результате аварийных мероприятий искусственный пляж, начиная с 1968 г., медленно перемещался и к 1981 г. практически полностью сместился к центру бухты, обнажив берег на участке городского пляжа и пляжа дома творчества «Коктебель», где снова началось разрушение берега. В конце 1980-х гг. были выполнены отсыпка пляжа и реконструкция набережной по проекту ялтинской проектной организации «Укрюжги-прокоммунстрой», на западном крыле бухты была сформирована резервная

отсыпка гравийного материала. В начале 2000-х гг. на резервной отсыпке было выполнено строительство гостиничного комплекса, что привело к деградации пляжей на западном участке, а к 2014 г. уже и в центральной части бухты. В 2019 г. ООО «Берегозащита» (г. Краснодар) был подготовлен проект реконструкции набережной. Техническое решение в виде устройства трех бун полного профиля длиной около 75 м вызвало обоснованные претензии заказчика. Нарушался исторический вид бухты, была большая вероятность формирования застойных зон в межбунных отсеках. МГИ РАН были выполнены дополнительные научные исследования, по результатам которых было предложено отказаться от двух бун и рассмотреть для проектирования вариант свободного галечного пляжа с одной ограничивающей буной на западной границе участка проектирования. Эти предложения были реализованы в проекте, выполненном ООО «Институт «КРЫМГИНИТИЗ». В настоящее время проект прошел экспертизу ФАУ «Главгосэкспертиза России» и находится в стадии реализации.

Реконструкция берегоукрепительных сооружений пляжа «Солнечный», г. Ялта — цифра 8 на рис. 1. Проектом ООО «Берегозащита» (г. Краснодар) предусматривалась реконструкция двух бун с увеличением их длины, но с сохранением общей конструкции из массивовой кладки с монолитной надстройкой и гребнем, а также устройство подводного банкета из массивов со скошенными головными массивами. Эти решения, традиционные для ЮБК, как выше отмечалось, хорошо себя зарекомендовали при эксплуатации. Тем не менее при строительстве подрядная организация, по всей видимости в целях экономии средств, согласовала с проектировщиками изменение конструкции бун. Оно включало: расширение бун путем устройства железобетонной обоймы на существующей буне, повышение отметки верха буны и, соответственно, отказ от гребня, устройство удлиняемого (головного) участка из монолитного бетона. Работы по реконструкции бун выполнялись с бе-

рега. К началу 2022 г. была выполнена реконструкция северной буны и частично корневой части южной. В связи с тем, что подрядная организация не смогла обеспечить устройство основания под удлиняемые участки в соответствии с нормативными требованиями, основание буны фактически было посажено на незащищенную от низового размыва насыпную постель. При волновом воздействии произошел вымыв постели, возникли просадки и деформация сооружения. В настоящее время реализация проекта заморожена, и заказчик совместно с подрядчиком пытаются найти пути выхода из возникшей ситуации.

Берегоукрепительные сооружения Государственного Никитского ботанического сада на участке от м. Монтодор до м. Мартыан пгт. Массандра — цифра 9 на рис. 1. В целях расширения рекреационных возможностей прибрежной зоны района в конце 1970-х гг. были выполнены мероприятия по устройству набережной и созданию искусственного пляжа. Была реализована схема активной берегозащиты, которая включала устройство бун с искусственным пляжем, строительство набережной и устройство бермы из камня расчетного веса и тетраэдров. Всего на участке протяженностью около 1 км было построено 11 бун. Участок реконструкции имеет протяженность 280 м, расположен на восточной границе комплекса берегозащитных сооружений и включает в себя часть свободного пляжа протяженностью около 90 м, четыре буны, искусственный пляж, а также стену набережной. Этот участок наиболее пострадал от катастрофического шторма 1992 г., во время которого были существенно повреждены две буны. Работы по восстановлению бун не выполнялись, и к 2020 г. состояние двух бун оценивалось как аварийное, еще у двух бун были повреждены головные части. Ширины пляжа в межбунных отсеках было недостаточно для гашения волн даже при небольших штормах, при этом галечный материал забрасывался на набережную, существовал риск подмыва основания стены набережной.

Для выбора оптимальной схемы берегозащиты в МГИ РАН проведено

математическое моделирование различных возможных вариантов компоновки берегозащитных сооружений. В качестве решений, которые могли бы снизить волновую нагрузку на сооружения и пляжную зону, были рассмотрены конструкции надводных волноломов и подводного банкета. В качестве основных критериев оценки эффективности берегозащитных сооружений принимались изменчивость положений линии уреза как на многолетнем масштабе, так и при экстремальных штормах, а также расчетная высота волны у сооружений при экстремальных штормах. По результатам расчетов, как наиболее эффективное было принято решение по устройству подводного банкета. В настоящее время проект прошел необходимые государственные экспертизы и находится на стадии подготовительного периода гидротехнических работ.

Берегоукрепительные и противооползневые сооружения территории, прилегающей к храму-маяку Святого Николая с. Малореченского, г. Алушта — цифра 10 на рис. 1. В 2006 г. на восточной окраине с. Малореченского был построен храм-маяк святителя Николая Чудотворца. При этом не были учтены предупреждения, что здесь оползнеопасный район. В результате, уже через короткое время потребовалось дорогостоящее строительство берегоукрепительных и противооползневых сооружений, т.к. подвижки стали угрожать храму. Проект по объекту был выполнен ООО «Институт «КРЫМГИНИТИЗ» в 2017 г. Он предусматривал строительство на прилегающем к храму береговом участке, представляющем собой крутой склон, сооружений, предназначенных для защиты территории от волнового воздействия и стабилизации оползневых процессов. Протяженность берегоукрепления 185 м. Берегоукрепительные сооружения в виде гибкой бермы и противооползневые сооружения размещены в нескольких уровнях по склону в виде однорядных свайных и свайно-анкерных комбинированных ростверков, двухрядных свайных ростверков, уголкового железобетонных подпорных стен. Было предусмотрено устройство пристен-

ного дренажа с выводом грунтовых вод на лицевую грань сооружений. Участок имеет общий уклон в сторону моря, что способствует беспрепятственному отводу грунтовых и поверхностных вод. Противооползневые сооружения и проезд на береговую зону выполнены с учетом требований к максимальному сохранению естественного рельефа, почвенного покрова и существующих древесных насаждений, отвода поверхностных вод со скоростями, исключающими возможность эрозии почвы. Берегоукрепительные сооружения в виде наброски из камня расчетного веса являются элементом комплекса противооползневых и берегоукрепительных мероприятий по стабилизации оползня. Рекреационная деятельность в зоне расположения сооружений не предполагается. Сооружения построены в 2020 г. и в настоящее время замечаний по их эксплуатации нет.

Заключение и выводы

Таким образом, несмотря на то, что в соответствии с планами, все 10 объектов должны были быть введены в эксплуатацию до конца 2020 г., фактически на середину 2023 г. сданы в эксплуатацию четыре объекта. По пяти объектам проекты потребовали корректировки в связи с тем, что проектные

решения не обеспечивали в должной мере функции берегозащиты. По двум объектам это выяснилось уже на стадии строительства (Саки, Евпатория). По трем объектам претензии к проектным решениям возникли у заказчика до начала строительства, что также потребовало корректировки проектов и повторного прохождения главгосэкспертизы. По объекту пляж «Солнечный» (Ялта) частично построенные сооружения не отвечали требованиям надежности, поэтому строительство на настоящий момент заморожено.

По мнению авторов, причинами такого положения дел стало игнорирование предыдущего опыта проектирования, строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений, в частности — применение набросных конструкций, волноломов и искусственных мысов: от них вполне обоснованно, получив негативный опыт, отказались еще в период существования СССР. Использование набросных конструкций на ЮБК, по нашему мнению, не только существенно снижает рекреационную привлекательность берегов, но и создает прямую опасность для отдыхающих. Вызывает опасение, что, не апробировав конструкции волноломов, их фактически запустили в серию, при этом в районах с совершенно различными природными

условиями. Считаем нужным отметить, что для некоторых проектов изыскания были крайне поверхностны, обоснования проектов шаблонны, иногда они просто воспроизводят тексты из других проектов, даже без изменения географических названий (к примеру, появляются рекомендации очищать фарватеры рек в районе Евпатории после ледохода (?) и другие нелепости). К сожалению, к экспертизе проектов чаще всего не привлекаются крымские специалисты. Нельзя не отметить, что сложившаяся практика такова, что тендеры на выполнение проектов выигрывают организации, не имеющие практического опыта работы в условиях Крыма. По ФЦП предполагалось реконструировать и обустроить береговую линию Крыма на протяжении около 3 км, на что выделялось 1,5 млрд руб. (на тот момент около 30 млн евро). Для сравнения: на реконструкцию берегоукрепительных сооружений Констанцы (Румыния) в период с 2012 по 2015 гг. было потрачено 170,5 млн евро [12]. Очевидно, что в условиях ограниченных финансовых возможностей важно с максимальной ответственностью относиться к проектированию и строительству берегоукрепительных сооружений, к расходованию бюджетных средств.

Список источников

1. Горячкин Ю. Н. Берегозащитные сооружения Крыма: Западное побережье, часть 1 // Гидротехника. 2016. № 1. С. 49–54.
2. Маркова М. Г., Рыбалка А. Т. Преобразование берегов Южного Крыма / II Всесоюзный съезд океанологов: тезисы докладов. 10–17 декабря 1982 г., Ялта. Вып. 8. Геология, геофизика и геохимия океана. С. 37–38.
3. Марков А. А., Марков А. М., Маркова М. Г. Проектирование, строительство и опыт эксплуатации берегозащитных сооружений на Южном берегу Крыма // Моря России: исследования береговой и шельфовой зон: тезисы докладов Всероссийской научной конференции. 21–25 сентября 2020 г., Севастополь, ФГБУН ФИЦ МГИ. С. 35–39.
4. Тлявлиная Г. В., Тлявлин Р. М., Ярославцев Н. А. Проблемы и перспективы строительства берегоукрепительных сооружений и рекреационных пляжей на Черноморском побережье Крыма // Гидротехника. 2014. № 3. С. 28–29.
5. Горячкин Ю. Н. Берегозащитные сооружения Крыма: Южный берег // Гидротехника. 2016. № 3. С. 34–39.
6. Сапронова З. Д., Снегирев В. С. Опыт проектирования и строительства берегозащитных сооружений в Крыму и оценка их эффективности // Строительство и техногенная безопасность. 2013. Вып. 45. С. 108–114.
7. Рыжий М. Н. Проблемы инженерной защиты морских берегов Крыма и пути их решения в современных условиях // Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова: тезисы докладов научно-практической конференции. 16–18 сентября 2015 г., Севастополь, ФГБУН ФИЦ МГИ. С. 13–14.
8. Тлявлиная Г. В. Литодинамические исследования в прибрежной зоне моря в составе инженерно-гидрометеорологических изысканий // Моря России: исследования береговой и шельфовой зон: тезисы докладов Всероссийской научной конференции. 21–25 сентября 2020, г. Севастополь, ФГБУН ФИЦ МГИ. С. 338–339.
9. Удовик В. Ф. Современное состояние и перспективы защиты берегов Севастопольского региона от волновой абразии // Моря России: исследования береговой и шельфовой зон: тезисы докладов Всероссийской научной конференции. 21–25 сентября 2020 г. Севастополь, ФГБУН ФИЦ МГИ. С. 340–341.

10. Тлявлиня Г. В., Тлявлин Р. М. Обоснование разработки генеральной схемы берегозащиты Крымского полуострова // Гидротехника. 2021. № 2. С. 36–38.

11. Фомин В. В., Горячкин Ю. Н. Учет локальных волновых и морфодинамических процессов в прибрежном гидротехническом строительстве // Морской гидрофизический журнал. 2022. Т. 38, № 3 (225). С. 291–311. <https://doi.org/10.22449/0233-7584-2022-3-291-311>.

12. Tătuț F., Pîrvan M., Popa M. et al. The Black Sea coastline erosion: Index-based sensitivity assessment and management-related issues // Ocean and Coastal Management. 2019. Vol. 182. 104949. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104949>.

References

- Goryachkin Yu. N. Coastal protection structures of the Crimea: Western coast, part 1 // Hydrotechnika. 2016. № 1. Pp. 49–54.
- Markova M. G., Rybalka A. T. Transformation of the Southern Crimea coasts / II All-Union Congress of Oceanologists: Abstracts. December 10–17, 1982, Yalta. Iss. 8. Geology, geophysics and geochemistry of the ocean. Pp. 37–38.
- Markov A. A., Markov A. M., Markova M. G. Engineering, construction and maintenance experience of coastal protection structure on the Southern Coast of Crimea // Seas of Russia: study of coastal and shelf zones: Abstracts of the All-Russian Scientific Conference. September 21–25, 2020. Sevastopol, MHI. Pp. 35–39.
- Tlyavlina G. V., Tlyavlin R. M., Yaroslavtsev N. A. Problems and prospects for the protection structures and recreational beaches struction on the Black Sea coast of Crimea // Hydrotechnika. 2014. № 3. Pp. 28–29.
- Goryachkin Yu. N. Coastal protection structures of Crimea: South coast // Hydrotechnika. 2016. № 3. Pp. 34–39.
- Sapronova Z. D., Snegirev V. S. Experience in the engineering and construction of coastal protection structures in the Crimea and assessment of their effectiveness // Construction and technogenic safety. 2013. Iss. 45. Pp. 108–114.
- Ryzhiy M. N. Problems of engineering protection of the Crimea seashores and ways to solve them in modern conditions // Ways to solve the problem of conservation and restoration of the beaches of the Crimean Peninsula: Abstracts of the scientific and practical conference. September 16–18, 2015. Sevastopol, MHI. Pp. 13–14.
- Tlyavlina G. V. Lithodynamic study in the coastal zone of the sea as part of engineering and hydrometeorological pioneering // Seas of Russia: study of coastal and shelf zones: Abstracts of the All-Russian Scientific Conference. September 21–25, 2020. Sevastopol, MHI. Pp. 338–339.
- Udovik V. F. Current state and prospects for coast protection of the Sevastopol region from wave abrasion // Seas of Russia: study of the coastal and shelf zones: Abstracts of the All-Russian Scientific Conference. September 21–25, 2020. Sevastopol, MHI. Pp. 340–341.
- Tlyavlina G. V., Tlyavlin R. M. Substantiation of development of the Crimean Peninsula coastal protection master plan // Hydrotechnika. 2021. № 2. Pp. 36–38.
- Fomin V. V., Goryachkin Yu. N. Accounting for the local wave and morphodynamic processes in coastal hydraulic engineering // Physical Oceanography. 2022. 29(3). Pp. 271–290. doi:10.22449/1573-160X-2022-3-271-290.
- Tătuț F., Pîrvan M., Popa M. et al. The Black Sea coastline erosion: Index— based sensitivity assessment and management-related issues // Ocean and Coastal Management. 2019. Vol. 182. 104949. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104949>.

Информация об авторах

Горячкин Юрий Николаевич — д. г. н., главный научный сотрудник, Морской гидрофизический институт РАН. Author ID: 848301, SPIN-код: 6419-5267. Scopus Author ID: 6507545681. WoS Researcher ID: I-3062-2015. ORCID: 0000-0002-2807-201X
Марков Алексей Анатольевич — ведущий инженер, Морской гидрофизический институт РАН

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 30.05.2023; одобрена после рецензирования 4.08.2023; принята к публикации 25.08.2023.

Information about the authors

Yuri N. Goryachkin — Dr. Sci. (Geogr.), Chief Research Associate, Marine Hydrophysical Institute of RAS. AuthorID: 848301, SPIN-код: 6419-5267. Scopus Author ID: 6507545681. WoS Researcher ID: I-3062-2015. ORCID: 0000-0002-2807-201X
Aleksey A. Markov — Lead Engineer, Marine Hydrophysical Institute of RAS

Article info

The article was submitted 30.05.2023; approved after reviewing 4.08.2023; accepted for publication 25.08.2023.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 627.24

DOI: 10.55326/22278400_2023_3_10

РАСЧЕТ БОЛЬВЕРКОВ НА НАГРУЗКИ ОТ СУДОВ

Юрий Михайлович Гуткин

Санкт-Петербург, Россия, anna-gutkina@yandex.ru

Аннотация. Предложены способы расчета больверков на навал судов и швартовные нагрузки от них, учитывающие деформации лицевой стенки и перераспределение активного давления грунта по высоте. Дан сравнительный анализ расчетов и их результатов, выполненных по авторскому и нормативному способам.

Ключевые слова: больверк, навал судна, швартовная нагрузка, активное, пассивное и реактивное давления грунта

Для цитирования: Гуткин Ю. М. Расчет больверков на нагрузки от судов // Гидротехника. 2023. № 3. С. 10–14.

ORIGINAL ARTICLE

BOLVERK CALCULATION UPON SHIP LOADS

Yury M. Gutkin

Saint Petersburg, Russia, anna-gutkina@yandex.ru

Abstract. The article presents some methods for calculating bolwerk strength against mooring loads, taking into account the deformation of the face wall and the redistribution of the active lateral earth pressure along.

Keywords: bolwerk, mooring load, active, passive and reactive ground pressure

For citation: Gutkin Yu. M. Bolwerk calculation upon ship loads // Hydrotechnika. 2023. № 3. Pp. 10–14.

Расчет больверков на навал судов

Способ расчета больверков на нагрузки от навала судов регламентируется двумя документами — Руководящим техническим материалом РТМ 31.3016–78 [1] и Сводом правил СП 287.1325800.2016 [2]. Основные положения указанного в нормативах способа заключаются в следующем:

- Полагается, что навал судна воспринимается реактивным давлением грунта, распределенным по треугольнику в пределах консольного и прилегающего к нему участков стенки. Верхняя часть эпюры этого давления соответствует пассивному давлению грунта, определяемому без учета его трения по стенке. Положение нижней границы эпюры реактивного давления

определяется некоторым параметром, в зависимости от расчетной высоты и жесткости стенки, а также от модуля деформации засыпки. Это положение ограничено средней третью высоты стенки.

- Суммарная величина реактивного давления определяется из условия равновесия стенки относительно нижней шарнирной опоры. Высотное положение шарнира принимается на уровне 2/3 заглубления стенки ниже уровня дна.

- В расчет вводится не вся нагрузка от навала, а только ее часть, соответствующая разнице между расчетным реактивным и активным давлениями грунта. Статический расчет стенки выполняется как для однопролетной

балки с консолью, шарнирно закрепленной внизу.

- Расчет больверков на навал судна рассматривается как дополнительный по отношению к основному на действие бокового давления грунта.

Нормативный способ расчета больверков представляется **достаточно условным по следующим соображениям:**

- Из расчета выводится значительная часть исходной нагрузки. Это было бы оправданным в случае действия нагрузки от навала в уровне анкерной опоры. В иных случаях нет никаких оснований для предположения о том, что не вся нагрузка влияет на условия статической работы элементов больверка.

• Способ предполагает, что до воздействия нагрузки от навала судна на консольную часть стенки действует активное давление грунта. На самом деле реактивное давление навала на эту часть стенки возникает уже от основного силового воздействия (распора грунта) вследствие ее деформации в сторону засыпки [3, 4]. Наличие такого реактивного давления уменьшает резерв сил сопротивления грунта для восприятия внешнего навала.

• В нормативном способе в явном виде не учитывается наличие анкерной опоры, воспринимающей на себя часть внешней нагрузки и тем самым влияющей на НДС элементов конструкции.

В настоящей статье предлагается иной способ оценки влияния навала судна на условия статической работы больверков. Основные положения этого способа заключаются в следующем.

• В расчетном отношении лицевая стенка рассматривается как балка на упругом (упругопластичном) основании с упругоподатливой опорой в уровне анкера (рис. 1).

• Зона упругого основания консольной части стенки ограничивается участком, в пределах которого имеется резерв предельного реактивного давления Δe_r ; его величина определяется выражением (1):

$$\Delta e_r = e_p - (e_a + e_r) \geq 0, \quad (1)$$

где e_p и e_a — пассивное и активное давление грунта от собственного веса, соответственно; e_r — реактивное давление при воздействии на стенку распора грунта.

Принятие минимальных значений отпора и распора грунта (только от собственного веса грунта) в пределах консоли уменьшает резерв предельного реактивного давления и тем самым усугубляет воздействие навала от судна на НДС стенки. В то же время с учетом «накачки» [4, 5] в качестве расчетных для основной схемы загрузки принимаются усилия в стенке от давления грунта с учетом эксплуатационной вертикальной нагрузки на причале.

• В местах, где реактивное давление от навала $e_r^{нав}$ превосходит резерв пассивного давления Δe_r , оно заменяется этим резервом. В расчете такая процедура заключается в замене перегруженной упругой опоры силой, соответствующей Δe_r в соответствующем уровне.

Именно такая процедура производится обычно для передней грани заглубленной части стенки, когда расчетное реактивное давление превосходит отпорные возможности грунта основания.

• При составлении расчетной схемы используется положение о неизменности суммарного давления грунтового массива при локальном воздействии на него нагрузок, не превышающих пассивное давление [6].

В соответствии с этим положением, ниже зоны действия реактивного давления навала активное давление суммарно уменьшается на величину суммарного же реактивного давления $E_r^{нав}$:

$$\Delta E_a = -E_r^{нав}, \quad (2)$$

где ΔE_a — компенсирующее отрицательное (направленное в сторону засыпки) давление.

Распределение ΔE_a по высоте стенки принимается по закону квадратной параболы. В качестве зоны действия ΔE_a принимается часть стенки от нижней границы действия реактивного давления $e_r^{нав}$ до подошвы стенки.

На рис. 2 и в табл. 1 представлены результаты расчета больверка с лицевой стенкой из шпунта Ларсена V на навал от судна предлагаемым способом.

В качестве грунта основания и засыпки принимался песчаный грунт с удельным весом 1,8 т/м³ над и под водой, соответственно, с углом внутреннего трения $\varphi = 30^\circ$. Углы трения грунта о стенку принимались равными 20° для определения активного давления грунта и 30° для отпора грунта основания. Пассивное давление грунта выше уровня анкера принималось без учета трения грунта о стенку.

Упругое основание в нижней и верхней частях стенки принималось по Винклеру с переменным коэффициентом постели. Закон изменения коэффициента постели с глубиной — по треугольнику, с коэффициентом пропорциональности 8000 кН/м⁴. Упругое основание имитировалось системой отдельных упругих опор переменной жесткости, размещенных с шагом 1 м ниже уровня анкера и 0,5 м в пределах верхней консоли.

Расчеты выполнялись для трех значений навала от судна P_c — 100, 150 и 200 кН/м. Диапазон этих значений соответствует рекомендациям норм [1, 2] о соотношениях величин навала и анкерного усилия при действии распора грунта на стенку, при которых следует считаться с этим силовым воздействием.

Поскольку величина отрицательного компенсационного давления ΔE_a сопряжена с реактивным давлением навала $E_r^{нав}$, которое, в свою очередь, зависит от ΔE_a , расчеты выполнялись в два этапа. На первом этапе ΔE_a принималась как некоторая часть от исходной нагрузки от судна $\Delta E_a = kP_c$, где коэффициент k составлял 0,7, 0,6 и 0,55 для обозначенного выше диапазона нагрузок P_c , соответственно. На втором этапе величины ΔE_a корректировались по результатам первого. Этим двух этапов хватало для достижения полной сходимости процесса.

Из данных табл. 1 видно, что по мере увеличения навала судна P_c уменьшается его доля, воспринимаемая грунтом засыпки (от 0,82 до 0,66), и, соответственно, увеличивается доля,

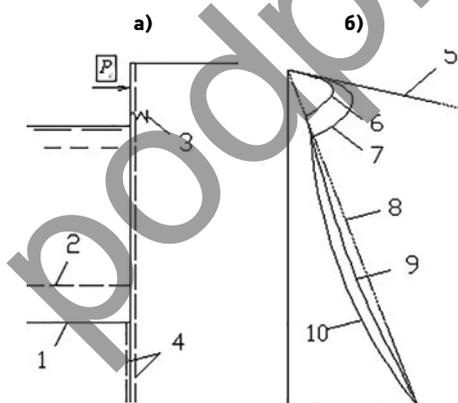


Рисунок 1

Расчетная схема больверка при расчете на навал судна (а) и вид эпюр бокового давления на лицевую стенку (б): 1 и 2 — расчетные положения дна при расчете стенки на навал судна и распор грунта, соответственно; 3 — упругая (анкерная) опора; 4 — упругое основание; 5 и 8 — пассивное и активное давления грунта, соответственно; 6 и 7 — реактивные давления от распора грунта и навала судна, соответственно; 9 и 10 — боковое давление грунта на стенку с учетом его перераспределения при работе стенки на распор грунта и навал судна, соответственно

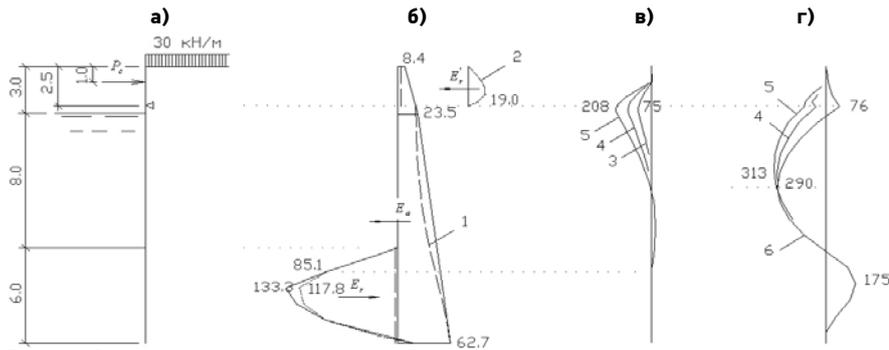


Рисунок 2
Конструктивная схема бальверка (а) и результаты расчета на навал судна:
б — давление грунта на лицевую стенку при ее расчете на распор грунта (кПа); в и г —
изгибающие моменты (кНм) от действия навала и суммарные, соответственно; 1 — эпюра
давления грунта с учетом его перераспределения; 2 — реактивное давление грунта;
3, 4 и 5 — эпюры изгибающих моментов при величинах навала судна 100, 150 и 200 кН/м,
соответственно; 6 — то же от основной схемы нагружения

Таблица 1
Результаты расчета бальверка на навал судна предлагаемым способом

Расчетные параметры	Нагрузка от навала судна P_c , кН/м		
	100	150	200
Усилия по основному расчету на распор грунта* • $M_{косс}$, кНм • $M_{прол}$, кНм • R_a , кН		-76 290 206	
Суммарное реактивное давление E_r , кН	82	111	131
Высота зоны действия E_r , м		4,5	
Уменьшение анкерной реакции ΔR_a , кН	38	73	117
Максимальное отрицательное компенсирующее давление в пролетной части стенки $\Delta e_a^{комп.}$, кПа	10,0	13,4	15,7
Высота зоны действия $\Delta e_a^{комп.}$, м		12,5	
Изгибающий момент в уровне анкера $M_{косс}$, кНм	75	137	208
Пролетный изгибающий момент $M_{прол}$ в уровне максимального момента при нагрузке от распора грунта (на отм. -4,5), кНм	-3	-3	8
Суммарный $M_{прол}$ от распора грунта и навала судна на отм. -4,5/максимальный, кНм	287/287	287/291	298/313

* Усилия по основному нагружению приняты по [6].

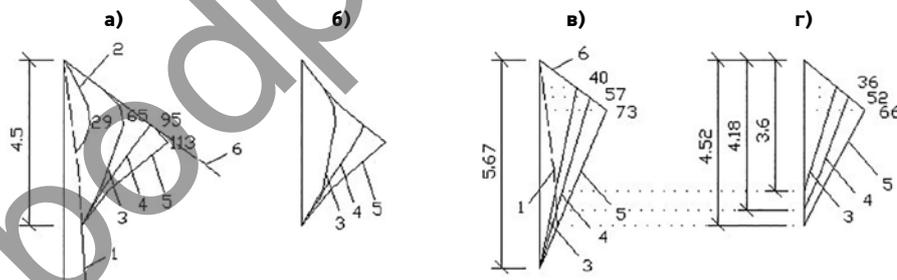


Рисунок 3
Давление грунта на верхнюю часть лицевой стенки (кПа):
а и б — суммарное и реактивное от навала судна давления, соответственно, по предлагаемому способу расчета; в и г —
полное и расчетное реактивные давления от навала судна, соответственно, по нормам; 1 и 6 — активное и пассивное
давления грунта; 2 — суммарное давление с учетом реактивного давления от основного нагружения; 3, 4 и 5 — то же
при величинах навала судна 100, 150 и 200 кН/м, соответственно

воспринимаемая анкерной опорой (от 0,38 до 0,59). Это объясняется исчерпанием фиксированных сил сопротивления грунта в наданкерной зоне.

Влияние навала судна на изгиб лицевой стенки бальверка практически

ограничивается ее верхним полупролетом. Лишь при очень значительном навале судна максимальные пролетные моменты начинают ненамного превосходить усилия от основного нагружения. При этом несколько по-

вышается уровень действия этих моментов.

Представляется важным *сравнить результаты расчетов предложенным способом с результатами расчетов, регламентируемых нормами*. Эти результаты представлены на **рис. 3** и в **табл. 2**.

Результаты расчетов обоими способами значительно разнятся. Расчет нормативным способом дает достаточно значительное увеличение пролетных изгибающих моментов по отношению к основному нагружению. Это увеличение для рассмотренной конструкции составило при максимальном (из рассмотренного диапазона нагрузок) навале судна почти 30%. Величина достаточно серьезная, чтобы с ней не считаться, как это допускается для стенок из металлического шпунта нормами [2].

Расчет бальверков на швартовные нагрузки от судов

Традиционный подход к расчету бальверков на швартовные нагрузки от судов (закрепленный нормами [2]) заключается в определении дополнительного анкерного усилия в зоне размещения тумбовых массивов. Это дополнительное усилие предлагается определять по формуле

$$\Delta R_a = \frac{r_{швс}}{L_m} \left(1 + \frac{z}{l}\right), \quad (3)$$

где $P_{швс}$ — перпендикулярная к кордону горизонтальная составляющая швартовной нагрузки; L_m — длина тумбового массива; z — расстояние от уровня крепления анкерной тяги до уровня приложения $P_{швс}$; l — расстояние от уровня крепления анкерной тяги до линии центра приложения равнодействующей сил сопротивления отпора (**рис. 4, а**).

Формула (3) соответствует расчетной схеме, представленной на **рис. 4. б**. Данная расчетная схема предполагает свободные деформации пролетной части стенки в сторону засыпки, а верхней консоли — в сторону акватории.

Эти предположения не соответствуют реальным условиям статической работы стенки. Свободным деформациям пролетной части препятствует грунт засыпки. Что касается верхней

Таблица 2
Результаты расчета больверка на навал судна нормативным способом

Расчетные параметры	Нагрузка от навала судна P_c , кН/м		
	100	150	200
Расстояние от точки приложения нагрузки до нижней опорной точки H_p , м	14		
Высота зоны действия реактивного давления грунта E_r , м	5,67		
Равнодействующая реактивного давления грунта E_r , кН	109	165	221
Плечо равнодействующей E_r относительно нижней опорной точки, м	12,87	12,75	12,63
Равнодействующая превышения реактивного давления грунта над активным E_{np} , кН	59,9	108,8	160,9
Плечо равнодействующей E_{np} относительно нижней опорной точки, м	13,63	13,26	13,00
Высота зоны действия E_{np} , м	3,55	4,21	4,61
Расчетная нагрузка от навала ΔP_c , кН	58,3	103,1	149,4
Реакция нижней шарнирной опоры, кН	1,6	5,7	11,5
Изгибающий момент на отм. -4,5	12,0	43,5	86,0

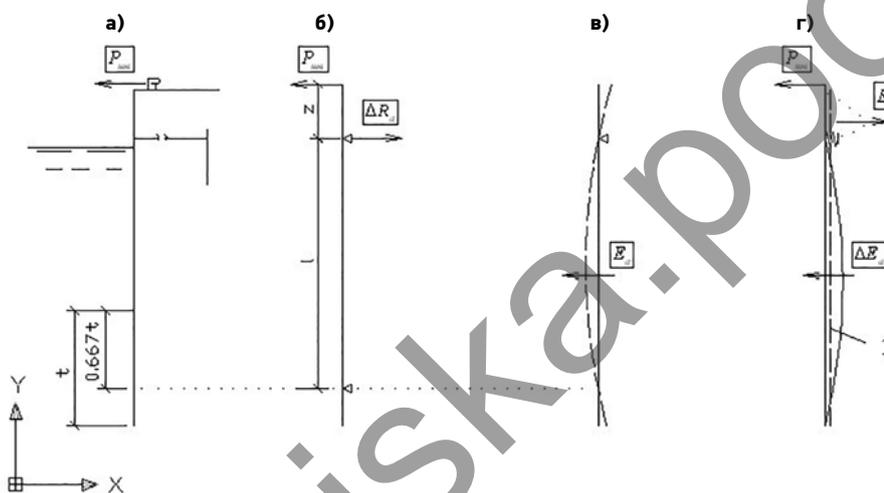


Рисунок 4
Расчетные схемы лицевой стены больверка при действии швартовной нагрузки:
 а — схема загрузки конструкции; б — нормативная расчетная схема по [1, 2]; в — исходное деформированное состояние стенки от действия распора грунта; г — предлагаемая расчетная схема; 1 — упругое основание

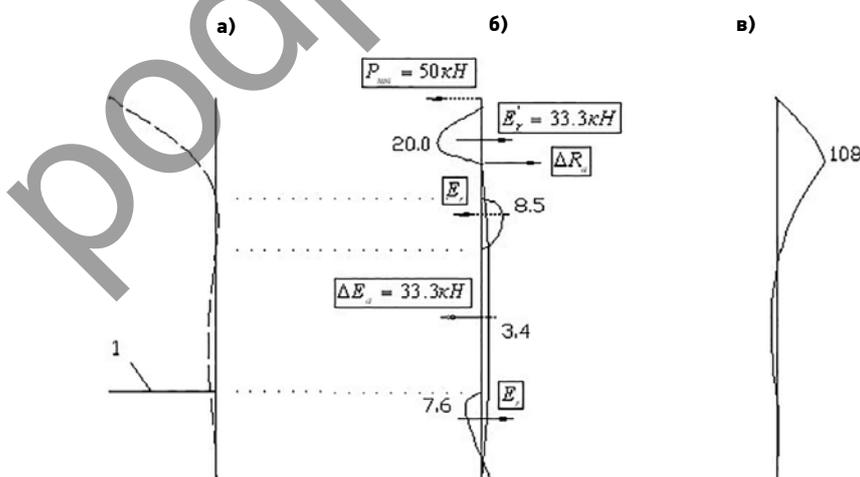


Рисунок 5
Результаты расчета лицевой стенки по предлагаемому способу:
 а — схема деформирования стенки при воздействии швартовной нагрузки; б — эпюры давления грунта в кПа; в — изгибающие моменты в кНм

консоли, то она прижата к грунту упругими силами вследствие общего прогиба стенки от активного давления тылового грунтового массива. И эти силы прижатия (реактивное давление) надо преодолеть для того, чтобы консоль заработала как свободная.

На рис. 4, г представлена расчетная схема стенки, работающей на горизонтальную нагрузку, обращенную в сторону акватории. В этой схеме полагается наличие упругого основания по всей высоте стенки (по крайней мере, на начальном этапе расчета).

Расчет стенки распадается на несколько этапов (как минимум, на два). На первом этапе упругое основание стенки учитывается по всей высоте стенки. В случае превышения отрицательным реактивным давлением грунта исходного давления навала соответствующая часть упругого основания заменяется этим давлением, и расчет повторяется.

Для больверков, рассчитанных с учетом перераспределения давления грунта по высоте [6], учитывается восстановление исходной (кулоновской) эпюры давления грунта — с исчезновением навала консоли на грунт уходит причина этого перераспределения. Такой учет осуществляется введением в расчет компенсационного активного давления грунта ΔE_a .

На рис. 5 и в табл. 3 представлены результаты расчета больверка по рис. 2 на швартовную нагрузку 50 кН/м.

Предложенный способ расчета показал дополнительное анкерное усилие от швартовной нагрузки несколько меньшим, по сравнению с определенным по нормам. Однако разница оказалась не столь существенной, как можно было предполагать, имея в виду принципиальное различие расчетных схем. Объяснить это можно разнонаправленностью основных факторов, влияющих на результаты расчета.

С одной стороны, предварительное прижатие консоли к грунту значительно снижает влияние швартовной нагрузки на усилие в анкере. С другой стороны, повышение центра тяжести отпорных сил ниже уровня анкера нивелирует ослабление этого влияния.

Таблица 3
Результаты расчета больверка на швартовную нагрузку

Расчетные параметры	Способ расчета		
	Нормативный	Предлагаемый (с учетом и без перераспределения давления по высоте)	
		+	-
Суммарное исходное реактивное давление грунта на консоль E_a' , кН	-	33,3	
Дополнительное анкерное усилие ΔR_a , кН	61	49	49
Суммарное реактивное давление грунта в пролетной части стенки	-	13,6	32,7
Консольный изгибающий момент, кНм	145	105	108

В рассмотренном случае восстановление исходного давления грунта на стенку при снятии навала консоли на грунт не оказало сколько-нибудь заметного влияния на результат расчета. Отсутствие восстановленной части общего распора грунта компенсируется увеличением реактивного

давления грунта в пролетной части стенки.

Выводы

1. Представлены способы расчета больверков на нагрузки от судов, учитывающие взаимодействие лицевой стенки с грунтом засыпки и историю

загружения конструкции — наличие исходного навала консоли на засыпку и соответствующее перераспределение распора грунта по высоте.

2. Полученные для рассмотренной конструкции результаты расчета на навал судна предлагаемым способом вполне корреспондируются с рекомендацией норм [2] о необязательности выполнения расчета больверков со стенками из металлического шпунта на нагрузку от навала судов. Такое соответствие не подтвердилось при расчете нормативным способом.

3. Предложенный способ расчета больверков на швартовную нагрузку позволяет вскрыть резервы в оценке дополнительного анкерного усилия по отношению к нормативному способу. Наличие этих резервов в ряде случаев может позволить отказаться от дополнительной анкеровки тумбовых массивов.

Список источников

1. РТМ 31.3016–78 Указания по проектированию больверков с учетом перемещений и деформаций элементов.
2. СП 287.1325800.2016 Сооружения морские причальные. Правила проектирования и строительства.
3. Гуткин Ю. М. Об учете навала наданкерной части шпунтовых стенок на подпираемый грунтовый массив // Гидротехника. 2016. № 4. С. 49–53.
4. Гуткин Ю. М. Расчет шпунтовых стенок причальных сооружений. СПб.: Изд-во СУПЕР, 2022. 272 с.
5. Гуткин Ю. М. О «накачке» бокового давления грунта и ее учете при оценке эффективности закрепления грунтов засыпки подпорных сооружений // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2017. № 4. С. 20–23.
6. Гуткин Ю. М. Расчет обычных больверков с учетом навала консоли лицевой стенки на грунт и перераспределения активного давления грунта по высоте // Гидротехническое строительство. 2023. № 4. С. 2–6.

References

1. RTM 31.3016–78. Instructions for the design of bulwark, taking into account the displacements and deformations of elements.
2. SP 287.1325800.2016. Marine mooring facilities. Design and construction rules.
3. Gutkin Yu. M. On taking into account docking impact on the supporting soil body of the upper part of a sheet pile walls // Hydrotechnika. 2016. № 4. Pp. 49–53.
4. Gutkin Yu. M. Calculation of sheet piling of waterfront structures. St. Petersburg: PH SUPER, 2022. 272 p.
5. Gutkin Yu. M. On the “pumping” of the lateral earth pressure and its consideration in assessing the effectiveness of fixing soils by backfilling retaining structures // Foundations and soil mechanics. 2017. № 4. Pp. 20–23.
6. Gutkin Yu. M. Calculation of conventional bulwarks, taking into account the docking impact of the front wall fitting on the ground and the redistribution of the active lateral earth pressure along the height // Power Technology and Engineering. 2023. № 4. Pp. 2–6.

Информация об авторе

Юрий Михайлович Гуткин — к. т. н., заслуженный строитель РФ, специалист в области проектирования гидротехнических сооружений судостроительных и судоремонтных заводов. Более 50 лет проработал в ПФ «Союзпроектверфь» АО «ЦТСС», в 1981–2010 гг. в качестве главного гидротехника института

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 24.05.2023; одобрена после рецензирования 25.08.2023; принята к публикации 29.08.2023.

Information about the author

Yuri Mikhailovich Gutkin — Candidate of Technical Sciences, Honored Builder of the Russian Federation, specialist in the design of hydraulic structures of shipbuilding and ship repair plants. For more than 50 years he worked in the PF “Soyuzproektverf” of JSC “TSSC”, in 1981–2010 as the chief hydraulic engineer of the Institute

Article info

The article was submitted 24.05.2023; approved after reviewing 25.08.2023; accepted for publication 29.08.2023.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 627.2; 624.042

DOI: 10.55326/22278400_2023_3_15

РАСЧЕТ ЛЕДОВЫХ НАГРУЗОК НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА МОРСКОГО ПОРТОВОГО КОМПЛЕКСА В ТАТАРСКОМ ПРОЛИВЕ

Роман Юльевич Горгуца¹ ✉, Михаил Евгеньевич Миронов²

^{1,2}ООО «Морстройтехнология», Санкт-Петербург, Россия, mct@morproekt.ru

Аннотация. При недостаточности исходных данных на этапе проектирования объекта используются прогнозные расчеты характеристик ледового режима с использованием данных ближайших станций государственной наблюдательной сети. На основе данного подхода представлена методика оценки толщины льда с учетом термического роста. По полученным данным в соответствии с действующей нормативной базой определены ледовые нагрузки от ровного льда и торосов, исходя из которых разработаны конструктивные решения гидротехнических сооружений.

Ключевые слова: ледовый режим, ледовая нагрузка, расчеты толщин льда, температурный режим

Для цитирования: Горгуца Р. Ю., Миронов М. Е. Расчет ледовых нагрузок на гидротехнические сооружения на примере проекта морского портového комплекса в Татарском проливе // Гидротехника. 2023. № 3 С. 15–20.

ORIGINAL ARTICLE

CALCULATION OF ICE LOADS ON HYDROTECHNICAL FACILITIES ON THE CASE OF THE SEA PORT COMPLEX PROJECT IN THE TATAR STRAIT

Roman Y. Gorgutsa¹ ✉, Mikhail E. Mironov²

^{1,2}Morstroytekhnologiya LLC, Saint-Petersburg, Russia, mct@morproekt.ru

Abstract. In case of insufficiency of the initial data at the design stage of the facility, predictive calculations of the characteristics of the ice regime are used applying data from the nearest stations of the state observation network. Based on this approach, a technique for estimating the ice thickness with allowance for thermal growth is presented. Based on the data obtained, in accordance with the current regulatory framework, ice loads from fast ice and hummocks were determined, on the basis of which constructive solutions for hydraulic engineering structures were developed.

Keywords: ice regime, ice load, ice thickness calculations, temperature Regime

For citation: Gorgutsa R. Y., Mironov M. E. Calculation of ice loads in hydrotechnical facilities on the Case of the Sea Port Complex Project in the Tatar Strait // Hydrotechnika. 2023. № 3. Pp. 15–20.

Введение

В настоящее время в России ведется активное проектирование и строительство ряда портовых гидротехнических сооружений (ГТС) в составе терминалов для отгрузки угля, нефти, сжиженного газа и пр. Особенно заметно развитие морской портовой инфраструктуры на Дальнем Востоке [1].

Основная деятельность компании ООО «Морстройтехнология» (ООО «МСТ») связана с исследованием и проектированием портовых ГТС в сложных инженерно-гидрометеорологических условиях, в том числе на дальневосточном направлении [2]. На начальной стадии проектирования нередко имеет место отсутствие исходных данных в нужном объеме. При этом, как правило, не хватает наиболее значимых для ГТС данных по ледовым воздействиям. Для выполнения проектных работ и дальнейшей их реализации приходится прибегать к прогнозным расчетам характеристик ледового режима с использованием данных ближайших станций государственной наблюдательной сети [3]. Описание данного подхода рассмотрено ниже на примере расчета ледовых нагрузок при проектировании угольного терминала в Татарском проливе на мысе Ая.

Транспортно-перегрузочный комплекс (ТПК) для перевалки угля

ТПК расположен на мысе Ая в северной части бухты Мучке в средней части Татарского пролива вблизи порта Ванино недалеко от города Советская Гавань (рис. 1). Он предназначен для:

- перевалки угля с железнодорожного транспорта на морской транспорт;



Рисунок 1
ТПК для перевалки угля на мысе Ая бухты Мучке, вид с севера (фото МСТ)

- технологического накопления и временного хранения угля на складских площадках;
- изменения качества угля путем сортировки, смешивания, дробления, усреднения, очистки;
- оказания услуг в морском порту по обслуживанию судов, осуществлению операций с грузами.

Схема расположения основных ГТС ТПК представлена на рис. 2, воздействие льда на ГТС в процессе строительства показано на рис. 3.

ООО «Морстройтехнология» вело разработку проектных решений по ТПК в бухте Мучке на всех стадиях: предварительные проработки, проектная документация с защитой в ФАУ «Главгосэкспертиза России», рабочая документация и ведение авторского надзора.

При проектировании комплекса особое внимание уделялось вопросам ледовых нагрузок. В Татарском проливе возможны ледовые образования значительных размеров, которые могут непосредственно воздействовать на ГТС.

Исходные данные для расчета ледовых нагрузок (в первую очередь — по толщине льда), в соответствии с нормами СП 38.13330.2018, следует назначать путем статистической обработки материалов натурных на-



Рисунок 2
Схема расположения ГТС ТПК в бухте Мучке (фото МСТ)

блюдений в соответствии с заданной ежегодной вероятностью превышения (обеспеченностью).

Материалы натурных наблюдений в бухте Мучке необходимой продолжительности (не менее 5 лет) отсутствовали. Для определения необходимых параметров льда были учтены характеристики ледовых условий, полученные по данным метеорологических наблюдений на близлежащих станциях государственной наблюдательной сети, а именно — на станции Советская Гавань.

Температурный режим

Основной обобщающей характеристикой температурного режима для района расположения ТПК, в соответствии с общепринятой инженерной практикой, является индекс CDD , °C, определяемый по формуле [4, 5]:

$$CDD = FDD - K_{FT}TDD, \quad (1)$$

где FDD — индекс замерзания, °C; TDD — индекс таяния, °C; K_{FT} — коэффициент, определяемый по данным обработки результатов натурных наблюдений за толщиной льда на станции Советская Гавань.

Для определения индексов замерзания и таяния должны использоваться формулы:

$$FDD = \sum_{D_S}^{D_E} (T_0 - T_{AF}), \quad (2)$$

$$TDD = \sum_{D_S}^{D_E} (T_{AT} - T_0^*), \quad (3)$$

где T_0 и T_0^* — температуры замерзания воды и таяния льда, соответственно, °C; T_{AF} и T_{AT} — среднесуточные температуры воздуха ниже точки замерзания воды и выше точки таяния льда, соответственно, принимаемые по данным измерений на станции Советская Гавань, °C; D_S и D_E — даты



Рисунок 3
Вид на грузовой причал ТПК: а) с внутренней стороны; б) с внешней стороны (фото МСТ)

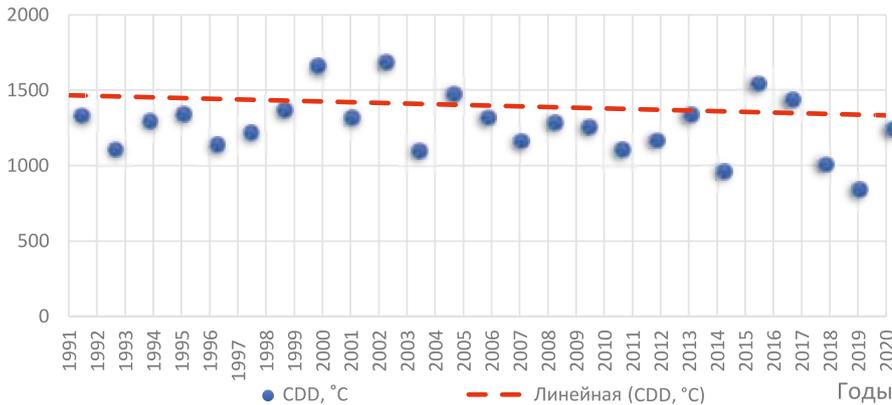


Рисунок 4
Межгодовые колебания наибольшего суммарного индекса замерзания CDD в периоды зим 1991–2020 гг. в районе Советской Гавани

устойчивого перехода температуры через 0°C осенью и весной.

Температуры замерзания воды и таяния определяются по формуле СП 38.13330.2018:

$$T_0 = T_0^* = -0,057s_{wat}, \quad (4)$$

где s_{wat} — соленость воды. Средняя соленость воды в районе Советской Гавани в зимний период составляет $s_{wat} = 21,3\text{‰}$, и тогда по расчету для температур замерзания воды и таяния льда следует $T_0 = T_0^* - 1,22^{\circ}\text{C}$.

Сведения об исторических среднесуточных температурах воздуха для станции Советская Гавань в рамках данной работы получены из открытых специализированных сайтов. В соответствии с рекомендациями Всемирной метеорологической организации, за базовый период при определении характеристик ледовых условий должен быть принят последовательный 30-летний период зим с 1991 по 2020 гг. На рис. 4 показан график межгодовых колебаний наибольшего суммарного индекса замерзания CDD по данным измерений на станции Советская Гавань в зимы 1991–2020 гг.

В период зим 1991–2020 гг. в районе строительства ТПК наиболее холодной была зима 2000–2001 гг., а наиболее теплой — зима 2014–2015 гг. На графике рис. 4 также показана линейная аппроксимирующая кривая (тренд) для наибольших суммарных индексов замерзания CDD. Относительно ровное падение тренда в период 1991–2020 гг. показывает некоторую тенденцию на потепление климата

в рассматриваемом районе в последние 30 лет.

Толщина льда

В соответствии с общепринятой инженерной практикой расчетные толщины льда должны определяться на основании данных о толщине льда, полученных на ближайшей береговой ГМС в течение последних 10 лет. В случае отсутствия данных наблюдений за толщиной льда требуемой продолжительности оценки толщины ровного льда могут быть получены путем статистической обработки результатов термодинамического моделирования процессов ледообразования в районе проектируемого объекта с использованием данных морского реанализа за последовательный 30-летний период зим с 1991 по 2020 гг.

Оценка толщины льда с учетом термического роста выполняется в следующей очередности:

1. Определяется береговая станция государственной наблюдательной сети, расположенная вблизи района строительства, с самым длинным и надежным периодом наблюдений, а также с автоматическими измерениями температуры наружного воздуха. Единственной пригодной станцией для определения параметров температурного режима в последовательный 30-летний период зим с 1991 по 2020 гг. является станция Советская Гавань.

2. Собираются сведения об исторических среднесуточных температурах воздуха для выбранной станции. Эта информация может быть получена из

метеорологических ежемесячников или со специализированных сайтов в сети Интернет.

3. Создаются электронные таблицы для вычисления суммарных индексов замерзания CDD по формуле (1) для каждой зимы, начиная со времени наступления устойчивых холодов.

4. Определяются значения суммарных индексов замерзания CDD для каждого холодного периода.

5. Оцениваются расчетные толщины льда заданной обеспеченности на основе суммарных индексов замерзания CDD с учетом результатов верификации по доступным данным полевых измерений толщин льда на выбранной станции.

Толщина льда h_d определяется по следующей формуле:

$$h_d = a\sqrt{0,9CDD - b}, \quad (5)$$

где a и b — коэффициенты, принимаемые по итогам сопоставления результатов расчетов с данными натурных измерений толщин льда на станции Советская Гавань, опубликованными на сайте Центра океанографических данных (ЦОД) [6] (табл. 1). Результаты сопоставления расчетных и измеренных средних толщин льда по декадам холодного периода представлены на рис. 5. При этом для коэффициентов в формуле (5) путем подбора с помощью специально разработанной программы на основе электронных таблиц MS Excel получены следующие значения: $a = 0,03$, $b = 120$.

Для коэффициента K_{FT} в формуле (1) также получено: $K_{FT} = 7$.

6. Выполняется статистический анализ данных с целью получения результатов с требуемой обеспеченностью.

По приведенной выше методике были выполнены расчеты толщин льда по суткам каждой зимы для периода зим 1991–2020 гг. График изменения наибольших годовых толщин льда h_d по результатам расчетов с использованием данных о температурах воздуха на гидрометеорологической станции Советская Гавань в период зим 1991–2020 гг. и толщинах льда на гидрологической станции Советская Гавань приведен на рис. 6.

Как видно, в указанный период, по данным расчетов, наиболее толстым лед был в зиму 2000–2001 гг., а наиболее тонким — в зиму 2014–2015 гг. Кроме того, на сводном графике показана аппроксимирующая кривая (тренд) для толщин льда. Некоторое падение тренда на протяжении последних 30 лет показывает определенную тенденцию на уменьшение толщин местного льда в районе расположения ТПК.

Сведения о толщине ровного льда h_d по данным статистической обработки результатов термодинамического моделирования процессов ледообразования в районе ТПК с использованием данных морского реанализа за многолетний период 1991–2020 гг. на станции Советская Гавань по декадам зимнего периода приведены в табл. 2.

Далее были определены расчетные толщины льда по декадам холодного периода как значения, соответствующие обеспеченностям 0,1% из ранжированных рядов толщин льда в декадах и соответствующих им обеспеченностей за период зим с 1991 по 2020 гг. Хронологические ряды данных ранжировались в порядке убывания значений толщины льда. Каждому значению присваивался номер, а его обеспеченность определялась по формуле (Б.1) СП 131.13330.2020.

Эмпирические кривые распределения ежедекадных вероятностей превышения построены на клетчатках вероятностей. Для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых распределения ежедекадных вероятностей превышения, в соответствии с положениями свода правил СП 33–101–2003, применялось трехпараметрическое распределение Крицкого — Менкеля. В табл. 3 приведены результаты расчетов обеспеченных толщин льда.

Таким образом, выполнены оценки обеспеченных толщин льда в районе расположения объекта по данным станции Советская Гавань в период зим 1991–2020 гг. Эти толщины льда использовались при определении ледовых нагрузок на конструкции ГТС ТПК.

Таблица 1
Значения толщины припая, см (станция 95049 Советская Гавань)

Месяцы	12			1			2			3			4			За год	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	Наибольшая толщина, см	Дата
Среднее за период 1977–2013	25	33	41	49	60	67	73	78	86	85	92	96	99	95	63	99	10.04

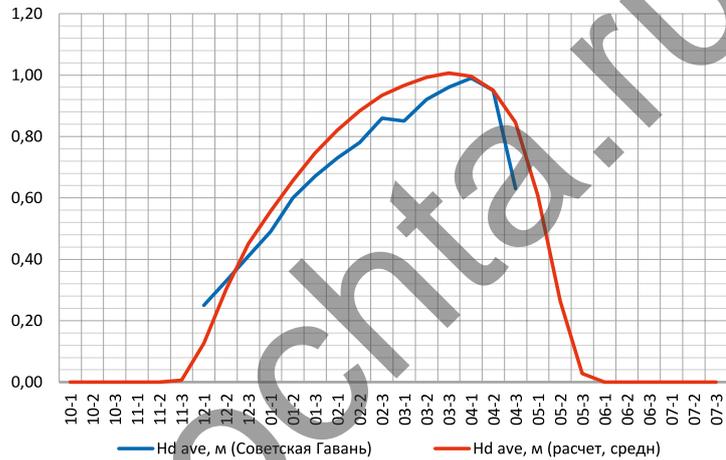


Рисунок 5
Среднедекадные толщины льда для Советской Гавани

Таблица 2
Средние и экстремальные толщины льда h_d , м (гидрометеорологическая станция 31770 Советская Гавань)

Месяцы	10			11			12			01		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Средн.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,14	0,32	0,46	0,57	0,66	0,75
Экстр. высш.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,42	0,53	0,65	0,72	0,82	0,89
Экстр. низш.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,34	0,47	0,59
Месяцы	02			03			04			05		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Средн.	0,82	0,89	0,93	0,96	0,99	1,00	0,98	0,92	0,80	0,52	0,19	0,01
Экстр. высш.	0,97	1,05	1,08	1,12	1,14	1,14	1,15	1,11	1,02	0,95	0,79	0,50
Экстр. низш.	0,71	0,76	0,81	0,84	0,84	0,82	0,80	0,69	0,27	0,00	0,00	0,00

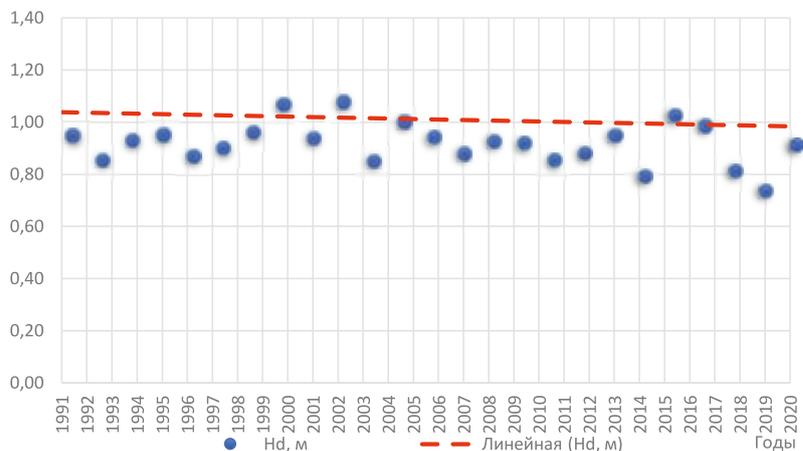


Рисунок 6
Межгодовые колебания толщин льда h_d в период зим 1991–2020 гг.

Таблица 3
Расчетные значения декадных обеспеченных толщин льда h_n , м, с обеспеченностью $p = 0,1\%$ (Советская Гавань)

Месяцы	10			11			12			01		
Декады	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$p = 0,1\%$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,45	0,55	0,68	0,76	0,84	0,91
Месяцы	02			03			04			05		
Декады	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$p = 0,1\%$	0,98	1,04	1,08	1,14	1,18	1,20	1,21	1,16	1,02	1,01	0,86	0,00

Ледовые нагрузки

В результате проведенных расчетов величина нормативной нагрузки на сооружения принята от ровного льда равной 1,03 МН/п. м, от торосов равной 1,50 МН/п. м.

Конструкция ГТС

С учетом полученных ледовых нагрузок были разработаны конструктивные решения, обеспечивающие надежную и безопасную работу сооружений.

Корневая часть представляет собой отсыпку скального грунта с защитным креплением из фасонных бетонных блоков (тетраподы массой 13 т) и верхнего строения в виде сборно-монолитной железобетонной уголкового стенки.

Длина корневого участка около 65 м, ширина — около 39 м. Размеры и форма корневой части обусловлены размещением на ней конвейерной галереи, проезда автотранспорта, разворотной площадки, а также размещением техники на строительный период.

Переходный участок и грузовой причал выполнены в виде узкого за-

сыпного пирса. Общая длина около 491 м. Ширина пирса на подходном участке около 24 м, на грузовом причале — около 32 м. Ширина пирса определялась на основании выполненного комплекса прочностных расчетов сооружения, а также с учетом технологических требований по размещению судопогрузочной машины, конвейерной галереи, проезда автотранспорта и пр.

Стенки пирса состоят из элементов комбинированного сечения: трубошпунт 1220×12 мм с промежуточными грунтозащитными вставками из шпунта Z-профиля. Трубошпунт погружен до скального грунта (базальты) с анкерровкой в него путем разбуривания и устройства железобетонного сердечника. В основании стенок выполнена каменная защита дна от размыва.

Между стенками пирса погружены сваи 1220×12 мм, которые являются основанием пути судопогрузочной машины, конвейерной галереи, технологического оборудования и пр. Для обеспечения продольной и поперечной жесткости конструкции в строительный и экс-

плуатационный периоды все погруженные сваи и шпунт объединены между собой системой продольных и поперечных сталебетонных ригелей.

Вдоль пирса с морской стороны выполнена защита от волновых и ледовых воздействий: смонтирована сборно-монолитная волнозащитная стенка высотой около 7 м, выполнен ледозащитный железобетонный пояс в зоне переменного уровня воды.

Заключение

1. С помощью прогнозных расчетов характеристик ледового режима в районе расположения ТПК по перевалке угля на северном берегу бухты Мучке определены недостающие для проектирования исходные данные по расчетным толщинам льда.

2. По полученным данным в соответствии с действующей нормативной базой определены ледовые нагрузки от ровного льда и торосов.

3. С учетом ледовых нагрузок разработаны конструктивные решения ГТС ТПК в бухте Мучке Ванинского района Хабаровского края, обеспечивающие надежную и безопасную работу морских сооружений.

4. По разработанному ООО «Морстройтехнология» проекту осуществлено строительство гидротехнических сооружений в течение 2017–2020 гг. В сентябре 2020 г. ТПК для перевалки угля в бухте Мучке введен в эксплуатацию.

Список источников

1. Фисенко А. И., Кулешова Е. А. Состояние и проблемы развития морских портов и формирования их грузовой базы в южной зоне Дальнего Востока России // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. С. 189–192. <https://science-education.ru/> (дата обращения 01.11.2021).
2. Николаевский М. Ю. Главные достижения — опыт реализованных проектов и доверие заказчиков // Морские порты. 2019. № 7 (178). С. 48–52.
3. Горгуца Р. Ю., Миронов М. Е., Соколов А. В. Оценка толщины льда на основе метеорологических данных // Полярная механика 2016: труды III Международной научной конференции. Владивосток, 2016. С. 54–61.
4. Assel R. A. etc. Great Lakes degree-day and winter severity index update: 1897–1983, NOAA Data Rep. ERLGLERL-29, 61 pp., Great Lakes Environ. Res. Lab., Ann Arbor, Mich., 1986.
5. Assel R. A. etc. An ice-cover climatology for Lake Erie and Lake Superior for the winter seasons 1897–98 to 1982–83, Int. J. Climatol., 10, 731–748, 1990.
6. Центр океанографических данных (ЦОД) [электронный ресурс]. <http://nodc.meteo.ru/> (дата обращения 01.11.2021).

References

1. Fisenko A. I., Kuleshova E. A. Status and problems of development of seaports and the formation of their cargo base in the southern zone of the Russian Far East // Modern problems of science and education. 2013. № 6. Pp. 189–192. <https://science-education.ru/> (accessed 01.11.2021).

2. Nikolaevsky M. Yu. The main achievements are the experience of implemented projects and the trust of customers // Sea ports. 2019. № 7 (178). Pp. 48–52.
3. Gorgutsa R. Yu., Mironov M. E., Sokolov A. V. Estimation of ice thickness based on meteorological data // Proceedings of the 3rd International Scientific Conference “Polar Mechanics 2016”. Vladivostok, 2016. Pp. 54–61.
4. Assel R. A. etc. Great Lakes degree-day and winter severity index update: 1897–1983, NOAA Data Rep. ERLGLERL-29, 61 pp., Great Lakes Environ. Res. Lab., Ann Arbor, Mich., 1986.
5. Assel R. A. etc. An ice-cover climatology for Lake Erie and Lake Superior for the winter seasons 1897–98 to 1982–83, Int. J. Climatol., 10, 731–748, 1990.
6. Oceanographic Data Centre (ODC) (electronic resource). <http://nodc.meteo.ru/> (accessed 01.11.2021).

Информация об авторах

Роман Юльевич Горгуца — к. т. н., генеральный директор, ООО «Морстройтехнология». Автор ID (РИНЦ): 2994–3027
Михаил Евгеньевич Миронов — д. т. н., профессор, главный специалист гидротехнического отдела, ООО «Морстройтехнология»

Information about the authors

Roman Y. Gorgutsa — Ph.D in Engineering, General Director, Morstroytekhnologiya LLC
Mikhail E. Mironov — D. Eng. Sc, Professor, Chief Specialist, Hydraulic Engineering Department, Morstroytekhnologiya LLC

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 4.08.2023; одобрена после рецензирования 18.08.2023; принята к публикации 25.08.2023.

Article info

The article was submitted 4.08.2023; approved after reviewing 18.08.2023; accepted for publication 25.08.2023.

морстройтехнология

Исследования и проектирование инфраструктуры морского транспорта

- Мы проектируем порты, транспортные объекты (логистические центры)
- Мы осуществляем инжиниринговое обеспечение объектов портового строительства на всех этапах – от идеи до сдачи в эксплуатацию
- Мы знаем транспортный рынок и понимаем перспективные грузопотоки
- Мы можем оптимизировать логистику вашего предприятия, сделать вашу транспортно-логистическую систему эффективной
- Мы проводим обследования причалов, зданий, сооружений и готовим свидетельства о годности к эксплуатации

195220, Россия
Санкт-Петербург
ул. Гжатская, д. 21, к. 2, лит. А

тел.: +7 (812) 333-1310
e-mail: mct@morproekt.ru
www.morproekt.ru

На правах рекламы

ГЛАВНОЕ СОБЫТИЕ МОРСКОЙ ОТРАСЛИ



18-21 СЕНТЯБРЯ
РОССИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

НЕВА 2023

17-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ГРАЖДАНСКОМУ СУДОСТРОЕНИЮ,
СУДОХОДСТВУ, ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОРТОВ,
ОСВОЕНИЮ ОКЕАНА И ШЕЛЬФА

- Площадка для глобального общения участников морской отрасли
- Масштабные экспозиции ведущих российских и международных компаний
- Насыщенная деловая программа: первые лица, эксперты и лидеры мнений

- Международные делегации и национальные павильоны
- Насыщенная культурная и экскурсионная программа
- Широкая PR поддержка ведущими СМИ. Работа студии ТАСС. Интервью и мнения из первых уст

ПРИГЛАШАЕМ
К УЧАСТИЮ В ВЫСТАВКЕ
И ДЕЛОВОЙ ПРОГРАММЕ



ТОП-10
МИРОВЫХ
МОРСКИХ
ВЫСТАВОК



ИМП



ВАРПЗ

nevainter.com

+7 (812) 321-26-76

nevacongress

ДИСКУССИОННАЯ СТАТЬЯ

УДК 626.021; 346.9

DOI: 10.55326/22278400_2023_3_22

ВОДОЛАЗНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ КАК СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВИД ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

Игорь Борисович Суслов

ООО «Управление подводных и строительных работ» (ООО «УПСР»), Красноярск, Россия, diving@list.ru

Аннотация. Обозначены проблемы, возникающие при постановке вопроса об отнесении работ по водолазному обследованию гидротехнических сооружений к работам по строительству (реконструкции, капитальному ремонту) или инженерным изысканиям, в том числе при проведении закупочных процедур в рамках государственного и коммерческого заказа. Рассмотрены противоречия и недочеты действующих нормативных документов градостроительной деятельности, а также случаи формального подхода со стороны контролирующих органов и сложившаяся судебная практика.

Ключевые слова: инженерные изыскания, саморегулирование, водолазные работы

Для цитирования: Суслов И. Б. Водолазное обследование гидротехнических сооружений как специальный вид инженерных изысканий // Гидротехника. 2023. № 3. С. 22–25.

DISCUSSION ARTICLE

DIVING INSPECTION OF HYDROTECHNICAL STRUCTURES AS A SPECIAL TYPE OF ENGINEERING SURVEYS

Igor B. Suslov

UPSR Ltd, Krasnoyarsk, Russia, diving@list.ru

Abstract. The problems that arise when setting the question of classifying the diving survey of hydraulic structures as construction (reconstruction, overhaul) or engineering surveys, including during procurement procedures within the framework of the state and commercial order, are identified. The contradictions and shortcomings of the current legislation on urban planning activities, as well as cases of a formal approach by the regulatory authorities and the existing judicial practice were considered.

Keywords: engineering surveys, self-regulatory, diving operations

For citation: Suslov I. B. Diving inspection of hydrotechnical structures as a special type of engineering surveys // Hydrotechnika. 2023. № 3. Pp. 22–25.

С июля 2017 года после отмены допусков к видам работ в профессиональном сообществе изыскателей и проектировщиков велись дискуссии на тему правомерности отнесения вида работ по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений к инженерным изысканиям, в соответствии с Постановлением Прави-

тельства РФ от 19.01.2006 № 20 [2]. НОПРИЗ после обсуждения вопроса на уровне рабочих групп и комитетов обратился в Минстрой России с просьбой разрешить сложившуюся ситуацию, однако позиция министерства была неоднозначной. Достаточно вспомнить, что письмом от 20 июня 2018 г. № 26459-ХМ/08 [3] Минстрой выразил мнение об отнесении ра-

бот по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений к видам работ по архитектурно-строительному проектированию, а уже через три месяца в письме от 20 сентября 2018 г. № 38887-ЛС/02 [4] изменил свою позицию и указал, что работы по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений, выполняемые по договору подряда

на выполнение инженерных изысканий, могут выполняться только членами саморегулируемой организации (СРО) в области инженерных изысканий. При этом и в [3], и в [4] министерство ссылается, в числе прочего, на ч. 2 ст. 47 Градостроительного кодекса РФ [1].

Точку в данном вопросе поставил Верховный суд РФ, рассмотревший административное исковое заявление «Межрегионального союза проектировщиков и архитекторов Сибири» о признании частично недействующим п. 2 раздела II перечня видов инженерных изысканий, утвержденного [2]. Отказывая в удовлетворении иска, Верховный суд РФ обратил внимание на ч. 6 ст. 47 [1], в соответствии с которой виды инженерных изысканий устанавливаются правительством Российской Федерации. Кроме того, в решении Верховного суда РФ от 10.02.2021 по делу № АКПИ20–912 [5] отмечается ч. 4 ст. 47 [1], предусматривающая выполнение инженерных изысканий в том числе для разработки решений о проведении профилактических и других необходимых мероприятий в отношении зданий, строений, сооружений. Апелляционным определением коллегии Верховного суда РФ от 20.05.2021 по делу № АПЛ 21–132 [6] установлен факт отсутствия какого-либо нормативного правового акта большей юридической силы, чем [2], который бы относил обследование состояния грунтов оснований зданий и сооружений, их строительных конструкций не к специальным видам инженерных изысканий, а к иным видам деятельности по развитию территорий, вследствие чего [5] оставлено без изменения. Неоспоримые выводы двух инстанций Верховного суда РФ, казалось, устранили все противоречия по рассматриваемому вопросу.

Однако, как известно, под давлением все ухудшается — организации, выполняющие водолазные работы, при заключении договоров или контрактов на проведение водолазного обследования строительных конструкций гидротехнических сооружений (ГТС) и сегодня вынуждены доказывать необходимость своего членства в СРО

в области инженерных изысканий, а не в области строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства. Особенно остро этот вопрос встает при проведении государственных и коммерческих закупочных процедур. Дело в том, что до отмены допусков к видам работ водолазные работы и контроль за качеством гидротехнических работ под водой относились к видам работ по строительству, реконструкции и капитальному ремонту. Это представлялось логичным и ни у кого не вызывало вопросов. И хотя на сегодняшний день указанная норма утратила силу, но косвенно, по мнению некоторых заказчиков, справедливость отнесения водолазных обследований ГТС к видам работ по строительству, реконструкции и капитальному ремонту подтверждает «Общероссийский классификатор видов экономической деятельности», где код 42.91.5 «Производство подводных работ, включая водолазные» находится в разделе 42 «Строительство инженерных сооружений». В качестве же основного обоснования такого утверждения зачастую приводится норма ч. 1 ст. 47 [1], в соответствии с которой «инженерные изыскания выполняются для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства». Отсюда делается вывод о том, что обследования зданий и сооружений, выполняемые без целей проектирования, строительства или реконструкции, инженерными изысканиями не являются. В логику данных рассуждений легко укладывается и мнение, следующее из ч. 2 ст. 47 [1], о необходимости членства в СРО только в тех случаях, когда договор фактически именуется договором на выполнение инженерных изысканий без учета его фактического содержания.

В частности, такую точку зрения поддержало УФАС по Республике Башкортостан, вынесшее в июле 2021 г. решение № Т0002/06/105–1526/2021 [7] по жалобе на действия заказчика — участника закупки № 0301100000421000065 «Выполнение работ по водолазному осмотру подво-

дной части Павловского судоходного шлюза на реке Уфе». В жалобе, признанной [7] обоснованной, оспаривалось требование о подтверждении участниками закупки членства в СРО в области инженерных изысканий. При этом составом работ по техническому заданию предусматривалось не только проведение обследования подводной части ГТС, но и оформление соответствующей отчетной документации с оценкой фактических параметров дефектов, рекомендациями по их устранению, дальнейшей безопасной и безаварийной эксплуатации ГТС. Приняв во внимание положения технического задания, [4] и ч. 2 ст. 47 [1], УФАС по Республике Башкортостан совершенно неожиданно пришло к выводу об отсутствии в составе работ инженерных изысканий, в связи с чем заказчику было выдано предписание об устранении нарушений. Не согласившись с представленными выводами, ООО «Управление подводных и строительных работ» (ООО «УПСР») обратилось в Арбитражный суд Республики Башкортостан с заявлением о признании незаконным [7] и его отмене. Решением Арбитражного суда Республики Башкортостан от 26.10.2022 по делу № А07–27021/21 [8] иски требования ООО «УПСР» удовлетворены в полном объеме. В [8] отмечается, что работы по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений, выполняемые по договору подряда на проведение инженерных изысканий, могут выполняться только членами СРО в области инженерных изысканий. Судом также было установлено, что работы, предусмотренные техническим заданием (подводное обследование технического состояния конструкций ГТС для выявления возможных дефектов и их размеров; фото-, видеосъемка обнаруженных дефектов подводной части ГТС с составлением ведомости дефектов, оформление результатов работ в виде отчета с выводами о техническом состоянии подводной части ГТС и рекомендациями по устранению выявленных дефектов), по своему характеру и установленным требованиям к результатам являются инженерными изысканиями, а вывод антимонополь-

ного органа об отсутствии инженерных изысканий в составе работ по предмету закупки не соответствует фактическим обстоятельствам.

Стоит отметить значительную продолжительность арбитражного судопроизводства, обусловленную установленным порядком рассмотрения дела, необходимостью соблюдения процессуальных сроков, а более всего — загруженностью судов. За время рассмотрения дела в судебной инстанции работы по предмету закупки были выполнены лицом, не являющимся членом СРО ни в области инженерных изысканий, ни в области строительства, реконструкции и капитального ремонта. С учетом нормы ч. 1 ст. 15 «Технического регламента о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 № 384-ФЗ результаты такого обследования не могут применяться для проектирования или принятия решений о проведении ремонтно-восстановительных работ, а значит, бюджетные средства потрачены впустую.

Очередным витком в истории обозначенного вопроса стало дело № 014/07/3–204/2023, рассмотренное Якутским УФАС в марте текущего года. Объектом спора хозяйствующих субъектов оказались положения технического задания закупки № 32312110079 «Водолазное обследование подводного перехода через р. Лену 1, 2 нитка (ПК69–73)», которыми были предусмотрены работы по видеосъемке ранее обнаруженного приборным обследованием длины обнаженного или провисающего участка, величины провиса, антикоррозионной изоляции, грузов трубопровода, подводной части берегоукрепления. Результатом работ должен быть стать технический отчет, в числе прочего содержащий результаты видеосъемки с указанием GPS-координат выявленных нарушений, а также дефектную ведомость. При этом заказчик работ всячески уклонялся от установления требования о членстве участников закупки в СРО в области инженерных изысканий, мотивируя это тем, что «обследование подводного перехода осуществляется исключительно в целях эксплуатаци-

онного контроля за техническим состоянием объекта, определения целостности газопровода, наличия либо отсутствия опасных участков путем водолазного обследования и осуществления фото- и видеосъемок».

Решением от 16.03.2023 по делу № 014/07/3–204/2023 [9] Якутское УФАС поддержало заказчика и признало жалобу участника необоснованной, отметив следующее:

1. Основной задачей осмотра и обследования подводного перехода при эксплуатации магистрального газопровода является оценка его технического состояния.

2. Из анализа размещенных заказчиком в ЕИС конструктивных сведений о подводном переходе и акватории подводного перехода установлено, что в силу конструктивных особенностей подводный переход не имеет на грунте подводной акватории конструктивного основания, т.е. фундамента, заглубленных в грунт опорных элементов и т.п.

3. Содержание технического задания не предусматривает для исполнителя выполнение работ по инженерным изысканиям в соответствии с требованиями части 2 статьи 47 ГрК РФ для обеспечения строительства, реконструкции объектов капитального строительства.

4. Установленные таким образом обстоятельства позволяют сделать вывод о том, что при эксплуатации подводных переходов магистральных газопроводов через водные преграды водолазное обследование посредством проведения видеосъемки на данном объекте не может быть отнесено к инженерно-изыскательским работам и, следовательно, не требует обязательного наличия у исполнителя свидетельств о допуске к таким работам, выдаваемым СРО при выполнении работ на объектах капитального строительства.

Якутским УФАС также было установлено, что водолазно-обследовательские работы производятся в соответствии с программой, установленной приказом Ростехнадзора от 11.12.2020 № 517 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности

«Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов» [10], и осуществляются в соответствии с пунктами 123, 129, 130, 131 и 135 [10] в целях обнаружения повреждений газопровода, повреждений его изоляции и обнаружения провисших участков газопровода, а результаты выполненных работ не предназначены для подготовки проектной документации строительства, реконструкции объектов капитального строительства. При этом Якутским УФАС особо отмечено, что перечисленные в техническом задании водолазные работы не оказывают непосредственного влияния на безопасность объекта капитального строительства, т.к. осуществляются без применения технических средств, позволяющих выполнить подводную дефектоскопию или гидроакустическое обследование дна в районе подводного перехода путем выполнения видеосъемки.

Якутское УФАС не приняло во внимание требование технического задания заказчика об определении геометрических параметров ранее обнаруженного дефектного участка (провиса), состояния изоляции, грузов трубопровода, подводной части берегоукрепления, а также то, что конструктивным основанием подводного перехода магистрального газопровода являются естественные грунты, т.е. дно акватории, проигнорировало нормы ч. 4 ст. 47 [1] и, установив целью обследования определение технического состояния подводного перехода, вынесло решение [9], противоречащее позиции трех судебных инстанций. И опять же, в случае выявления дефектов и повреждений, оценки существующих дефектов результаты обследования не смогут быть использованы для принятия проектных решений по ремонту объекта.

Устранить сомнения заказчиков и привести контролирующие органы к единому соответствующему нормам закона мнению могло бы изменение формулировки п. 2 раздела II перечня видов инженерных изысканий, утвержденного [2], путем ее изложения в виде «обследование состояния строительных конструкций зданий и сооружений,

грунтов их оснований» и дополнения п. 15 ч. 1 ст. 1 [1] словами «и эксплуатации сооружений», а возможно, и более точными формулировками, не допускающими двоякого толкования. Однако законодатель, по-видимому, считает существующие определения и форму-

лировки исчерпывающими, что отчасти справедливо, поскольку для профильных специалистов совершенно очевидно как факт отсутствия у грунтов строительных конструкций, так и цели инженерных изысканий, а значит, решение споров в судах и формирова-

ние судебной практики — неизбежный процесс, совершенно необходимый для выполнения работ и оказания услуг в области подводно-технических (водолазных) обследований ГТС в соответствии с требованиями действующего законодательства.

Список источников

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ.
2. Постановление Правительства РФ от 19.01.2006 № 20 «Об инженерных изысканиях для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства».
3. Письмо Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 20.06.2018 № 26459-ХМ/08.
4. Письмо Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 20.09.2018 № 38887-ЛС/02.
5. Решение Верховного Суда РФ от 10.02.2021 по делу № АКПИ20-912.
6. Апелляционное определение Верховного суда РФ от 20.05.2021 по делу № АПЛ 21-132.
7. Решение УФАС по Республике Башкортостан от 30.07.2021 № ТО002/06/105-1526/2021.
8. Решение Арбитражного суда Республики Башкортостан от 26.10.2022 по делу № А07-27021/21.
9. Решение УФАС по Республике Саха (Якутия) от 16.03.2023 по делу № 014/07/3-204/2023.
10. Приказ Ростехнадзора от 11.12.2020 № 517 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов».

References

1. Urban Planning Code of the Russian Federation, dated 29.12.2004 № 190-FZ.
2. Decree of the Government of the Russian Federation dated 19.01.2006 № 20 «On engineering surveys for the preparation of design documentation, construction, reconstruction of capital construction facilities».
3. Letter of the Ministry of Construction, Housing and Communal Services of the Russian Federation dated 20.06.2018 № 26459-XM/08.
4. Letter of the Ministry of Construction, Housing and Communal Services of the Russian Federation dated 20.09.2018 № 38887-LS/02.
5. Decision of the Supreme Court of the Russian Federation of 10.02.2021 in Case № АКПИ20-912.
6. Appellate ruling of the Supreme Court of the Russian Federation of 20.05.2021 in Case № АПЛ21-132.
7. Decision of the OFAS in the Republic of Bashkortostan dated 30.07.2021 № ТО002/ 06/105-1526/2021.
8. Decision of the Arbitration Court of the Republic of Bashkortostan of 26.10.2022 in Case № А07-27021/21.
9. The decision of the OFAS in the Republic of Sakha (Yakutia) of 16.03.2023 in Case № 014/07/3-204/2023.
10. Order of Rostekhnadzor dated 11.12.2020 No. 517 «On Approval of Federal Norms and Rules in the Field of Industrial Safety «Safety Rules for Hazardous Production Facilities of Trunk Pipelines».

Информация об авторе

Игорь Борисович Сулов — ведущий инженер подводно-технических работ, ООО «Управление подводных и строительных работ» (ООО «УПСР»)

Information about the author

Igor B. Suslov — chief engineer of underwater technical works, UPSR Ltd

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 13.06.2023; принята к публикации 15.08.2023.

Article info

The article was submitted 13.06.2023; accepted for publication 15.08.2023.

ООО «УПРАВЛЕНИЕ ПОДВОДНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ» (ООО «УПСР»):

- обследование и ремонт ГТС, мостовых сооружений, в том числе в районах Крайнего Севера;
- дефектация и подводное освидетельствование металлических корпусов судов с классом Российского классификационного общества;
- все виды подводно-технических работ.



660125, Россия, г. Красноярск, ул. Светлогорская, д. 27, оф. 187
Тел.: +7 (391) 295-56-75, +7 (950) 993-74-76
E-mail: diving@list.ru
www.vodolaz24.ru



ОПИСАНИЕ ОПЫТА

УДК 528.931.2

DOI: 10.55326/22278400_2023_3_26

ОПЫТНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ БЕСПИЛОТНОГО МОБИЛЬНОГО НАДВОДНОГО КОМПЛЕКСА КАЛАН НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ И МОРСКИХ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЯХ И ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ

С. В. Дунчевская¹, С. В. Видихин², Е. Н. Большаков³^{1,2,3} НПП «Форт XXI», Королев, Россия, mail@fort21.ru

Аннотация. Представлены итоги опытной эксплуатации отечественной разработки — беспилотного мобильного надводного комплекса КАЛАН, предназначенного для гидрографических изысканий на различных объектах в существенно различных условиях — от внутренних водоемов до Балтийского моря и порта Владивосток.

Ключевые слова: беспилотный, надводный, гидрографический, автономный, телеуправляемый комплекс

Для цитирования: Дунчевская С. В., Видихин С. В., Большаков Е. Н. Опытная эксплуатация беспилотного мобильного надводного комплекса КАЛАН на внутренних водных путях и морских прибрежных акваториях и дальнейшее развитие системы // Гидротехника. 2023. № 3. С. 26–28.

DESCRIPTION OF THE EXPERIENCE

TRIAL OPERATION OF THE UNMANNED MOBILE SURFACE COMPLEX KALAN ON INLAND WATERWAYS AND OFFSHORE COASTAL WATERS AND FURTHER DEVELOPMENT OF THE SYSTEM

S. V. Dunchevskaya¹, S. V. Vidikhin², E. N. Bolshakov³^{1,2,3} Research & Production Enterprise FORT XXI, Korolev, Russia, mail@fort21.ru

Abstract. The article describes the experimental operation of the domestic development — unmanned mobile surface complex KALAN for hydrographic surveys at various sites in significantly different conditions. From inland water bodies to the Baltic Sea and the port of Vladivostok.

Keywords: unmanned, surface, hydrographic, autonomous, teleoperated complex

For citation: Dunchevskaya S. V., Vidikhin S. V., Bolshakov E. N. Trial operation of the unmanned mobile surface complex KALAN on inland waterways and offshore coastal waters and further development of the system // Hydro-technika. 2023. № 3. Pp. 26–28.

Компания «Форт XXI» выполняет гидрографические работы на водных объектах, разрабатывает оборудование и программное обеспечение для таких работ с 1993 г.; имеет пять патентов, в том числе один евразийский патент; пять разработанных «Форт XXI» программ сертифицированы на соответствие применяемых алгоритмов требованиям нормативных документов.

Целесообразность применения беспилотных средств в различных видах деятельности уже ни у кого не вызывает сомнений. Но в различных направлениях их внедрение происходит с разной скоростью. И если применение БПЛА для выполнения различных видов съемки уже стало привычным, то применение беспилотных технологий для гидрографических работ развивается более медленно. В по-

следние годы на российский рынок в качестве единичных экземпляров поставлялись различные зарубежные беспилотники, в основном китайского производства. Ситуация подсказывала, что спрос на такие аппараты все-таки начинает возникать. При этом единственно реально доступные российским пользователям китайские беспилотники, во-первых, ориентированы на жесткую привязку

полезной нагрузки к определенной модели, во-вторых, имеют крайне ограниченное по своему функционалу программное обеспечение для съемки, работающее под ОС Windows.

В сложившейся ситуации совершенно очевидно назрела необходимость разработки отечественного решения для выполнения гидрографических и других смежных работ.

Такая разработка была выполнена компанией «Форт XXI», и летом 2022 г. началась опытная эксплуатация беспилотного мобильного надводного комплекса (БМНК) КАЛАН.

Основными особенностями комплекса являются его универсальность в части модернизации, как в направлении расширения возможностей носителя, так и в направлении увеличения функционала полезной нагрузки, и его ориентированность на применение кроссплатформенного программного обеспечения для съемки и обработки данных.

Базовая модификация БМНК КАЛАН представляет собой комплекс, состоящий из беспилотного надводного аппарата (БНА) КАЛАН и автоматизированного рабочего места оператора (АРМ) КАЛАН. Комплект стандартного оборудования, установленный на БНА КАЛАН: АКБ для питания двигателей и оборудования, двухантенный двухчастотный ГНСС-приемник с возможностью работы в RTK-режиме, гидрографический однолучевой эхолот серии СКАТ, видеокамера FullHD, блок обработки и хранения данных, система обмена данными, ходовые огни. **Дополнительное оборудование**, которое может быть установлено: гидролокатор бокового или кругового обзора, многолучевой эхолот, ADCP, система лазерного сканирования, дополнительное видеооборудование (в т.ч. ИК и тепловизионная камера)

Конструкция БНА КАЛАН разрабатывалась с учетом необходимости обеспечить максимальную живучесть беспилотника, надежность, минимизацию возможностей повреждений при эксплуатации и возможность расширения используемой полезной нагрузки.

БНА КАЛАН имеет корпус катамаранного типа, поплавок которого

выполнены из сплошных профилированных элементов плавучести, на каждом из них установлен двигатель. При любых повреждениях корпуса он будет сохранять положительную плавучесть. Двигатели защищены специальными решетками, которые предотвращают попадание в них водной растительности и техногенного мусора. На силовой раме, соединяющей поплавок, установлен герметичный кофр с электронными блоками всего оборудования, входящего в состав БНА. Подключение всех антенных модулей и внешнего оборудования выполняется с применением герморазъемов. В процессе эксплуатации оператору не требуется открывать кофр с электронными блоками, что значительно повышает надежность оборудования. Существенно важным дополнением к КАЛАНу является «гараж» (рис. 1), который обеспечивает защиту при выполнении спуско-подъемных операций при работе с борта судна.

АРМ КАЛАН может базироваться на любом серийном ноутбуке. Рабочее место оператора может быть установлено на берегу, в непосредственной близости от места выполнения работ. При работе с судов АРМ оператора разворачивается на палубе или в помещении. Система управления и обмена данными позволяет оператору управлять БНА КАЛАН в ручном режиме или отправить КАЛАН выполнять задание под управлением автопилота.

Программное обеспечение АРМ КАЛАН может работать под управлением ОС Linux, Astra Linux, Windows. При планировании съемки оператором формируются маршруты для прохождения, они передаются на БНА, и он приступает к их прохождению. При работе беспилотника на рабочем экране оператора отображается вся необходимая информация о работе бортового оборудования, электронная карта акватории, маршрут и параметры движения БНА, профиль дна, определяемый по данным эхолота, информация с видеокамеры, гидролокатора бокового обзора и с других устройств.



Рисунок 1
БНА КАЛАН в «гараже» при спуске с борта БГК (Кольский залив)

Основные технические характеристики БМНК КАЛАН:

- тип корпуса: катамаран;
- двигатели: бесколлекторные, 2×320 Вт;
- скорость: максимальная 6 км/ч, крейсерская 5 км/ч (подтверждено ходовыми испытаниями);
- обмен данными: передача данных 2 км, управление 2 км (подтверждено ходовыми испытаниями);
- питание: литий-ионные АКБ, 2×1,05 кВт*ч + сменный комплект 2×1,05 кВт*ч;
- продолжительность работы: не менее 8 часов при скорости 5 км/ч + 8 часов на сменном комплекте АКБ (подтверждено ходовыми испытаниями);
- габаритные размеры: 900 × 1200 × 500 мм;
- вес (с АКБ, эхолотом, ГБО): 35 кг;
- вес полезной нагрузки: 10 кг.

Первые этапы опытной эксплуатации БМНК КАЛАН проходили на акваториях ФГБУ «Канал имени Москвы» в навигацию 2022 г. Были выполнены гидрографические съемки нескольких участков Клязьминского водохранилища, акватории яхт-клубов. При этом КАЛАН доказал возможность выполнения съемок в крайне стесненных условиях и продемонстрировал надежную работу в условиях сильной засоренности водоема. Наиболее интересны результаты работы, выполненной в сентябре-октябре 2022 г. совместно с ФГБУ «Канал имени Москвы», по контролю проведения дноуглубительных работ с применением комплекса с многолучевым эхолотом (МЛЭ) и с использованием БМНК КАЛАН, оснащенного однолучевым эхолотом (рис. 2). Гидрографические съемки проводились

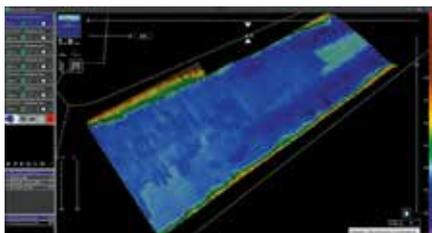


Рисунок 2
Цифровая модель рельефа дна после дноуглубления, построенная по данным съемки КАЛАНом с однолучевым эхолотом (Клязьминское водохранилище)

в акватории Клязьминского водохранилища в районе причала Новосельцево. Первый этап съемок был выполнен в самом начале дноуглубления, второй этап — после завершения работ. Съемка с МЛЭ выполнялась со 100% покрытием участка. Для съемки с КАЛАНом был выбран фрагмент 290×130 м в центре участка дноуглубления. Была спланирована сетка галсов с межгалсовым расстоянием 2 м для основных галсов и 10 м для контрольных галсов. Время выполнения съемки составило 3 часа. По полученным данным были построены цифровые модели рельефа. На обеих моделях отчетливо фиксировались следы работы земснаряда, и полученные значения объемов грунта были достаточно близки. Таким образом, было подтверждено, что при использовании беспилотного комплекса с однолучевым эхолотом и выполнении съемки с малым межгалсовым расстоянием можно оперативно получить подробную информацию о результатах проведения дноуглубительных работ.

Следующий небольшой этап опытной эксплуатации был проведен на объекте ФБУ «Администрация

«Волго-Дон» (акватория Ильевского гидроузла подходного канала шлюза № 13) в октябре 2022 г. КАЛАНом был выполнен промер масштаба 1:500 с оперативной обработкой данных и построением отчетных материалов, а также визуальное обследование зоны переменного уровня подходного канала шлюза (рис. 3).

Опытная эксплуатация в 2023 г. на морских акваториях проводилась в тесном взаимодействии с Управлением навигации и океанографии МО РФ. В начале февраля 2023 г. на акватории Кольского залива (Баренцево море) на базе Гидрографической службы Северного флота (ГС СФ) были проведены успешные испытания КАЛАН на работу в условиях отрицательных температур (до $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$), при наличии течения, ветра и волнения.

В начале апреля 2023 г. на акватории Кольского залива в рамках комплексной экспедиции «Помни войну» ГС СФ и Русского географического общества работы по гидрографическим и гидроакустическим съемкам одновременно выполняли два КАЛАН — один с эхолотом, второй с гидролокатором бокового обзора.

В мае 2023 г. опытная эксплуатация БМНК КАЛАН проводилась на базе Гидрографической службы Балтийского флота в Балтийском море: на акватории Финского залива (г. Ломоносов), на акватории Гданьского и Калининградского заливов (г. Балтийск).

В июне 2023 г. проводилось обучение работе с КАЛАНом на акватории пролива Босфор Восточный (Японское море) (г. Владивосток) специали-

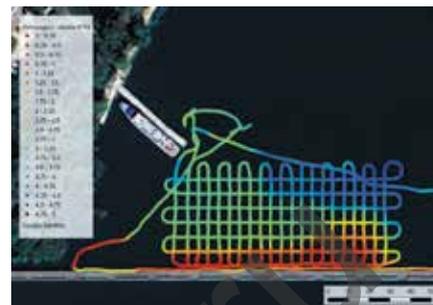


Рисунок 3
Отображение работы КАЛАН на АРМ оператора в режиме реального времени (акватория Ильевского гидроузла подходного канала шлюза № 13)

стов «Дальневосточного бассейнового филиала ФГУП «Росморпорт».

С учетом результатов опытной эксплуатации в различных условиях и пожеланий партнеров и пользователей идет активная разработка следующей модели КАЛАН — морского варианта, который должен иметь существенно большие размеры, большую скорость, дальность хода и надежно работать в морских условиях при наличии ветра и волнения. При этом востребованными оказались не только решения для гидрографии, но также и для транспортировки грузов, обеспечения геофизических работ и решения многих других задач.

Сегодня есть полные основания утверждать, что, с учетом прошедшего всего лишь года с момента спуска на воду первого прототипа БМНК КАЛАН, у компании «Форт XXI» есть необходимый потенциал для разработки линейки отечественных беспилотных надводных аппаратов под самые разные задачи, обозначенные пользователями.

Информация об авторах НПП «Форт XXI»:

С. В. Дунчевская — генеральный директор
С. В. Видихин — заместитель генерального директора по разработкам
Е. Н. Большаков — руководитель ИТ-направления

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 22.08.2023; принята к публикации 28.08.2023.

Information about the authors RPE FORT XXI:

S. V. Dunchevskaya — General Director
S. V. Vidikhin — Deputy General Director for Development
E. N. Bolshakov — IT Director

Article info

The article was submitted 22.08.2023; accepted for publication 28.08.2023.



Для консультаций:
ООО НПП «Форт XXI»
Московская обл., г. Мытищи,
ул. Силикатная, д. 10
Тел./факс (495) 789-90-19
E-mail: mail@fort21.ru
WWW.FORT21.RU