

2. Никитина, Т. Ю. Определение средних скоростей потока у основания шпунтовой стенки при образовании воронки / Т. Ю. Никитина // Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России: материалы III межвуз. науч.-практ. конф. студ. и аспирантов / ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова. – СПб., 2013. – С. 46–50.
3. Сретенский, Л. Н. Теория волновых движений жидкости / Л. Н. Сретенский. – М.: Наука, 1977. – 816 с.
4. Носов, М. А. Введение в теорию волн цунами / М. А. Носов – М.: Янус-К, 2019. – 170 с.
5. Родин, А. А., Динамика длинных волн в прибрежной зоне моря с учетом эффектов обрушения / А. А. Родин, Е. Н. Пелиновский. – Н. Новгород: НГТУ, 2014. – 93 с.
6. Чижиумов, С. Д. Проблемы гидродинамики корабля (численное моделирование) / С. Д. Чижиумов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО КнАГТУ, 2016. – 122 с.
7. Баринов, В. А. Распространение волн по свободной поверхности вязкой жидкости / В. А. Баринов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. – 2010. – Вып. 2. – С.18–31.
8. Басинский, К.Ю. Траектории частиц вязкой жидкости при волновом движении / К. Ю. Басинский // Вестник удмуртского университета. – 2015. – Т. 2, вып. 2. – С. 248–253.
9. Белоножко, Д. Ф. О расчете скорости переноса вещества периодическими волнами, распространяющимися по поверхности вязкой жидкости / Д. Ф. Белоножко, А. В. Козин // Журнал технической физики. – 2010. – Т. 80, вып. 4. – С. 32–40.

УДК 627

Опыт и перспективы возведения наплавных конструкций транспортно-энергетических ГТС

Гарибин П. А., Федяшов А. В.

Государственный университет морского и речного флота
им. адмирала С. О. Макарова
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Рассмотрены примеры реализованных на практике транспортно-энергетических гидротехнических сооружений, возведенных на внутренних водотоках и прибрежных зонах морей РФ. Приведены габаритные параметры использованных наплавных элементов. Обобщен опыт и проведен анализ методологии строительства. Предложены варианты эколо-

гически безопасных технологий по реновации судоходных шлюзов в составе Единой глубоководной системы Европейской части РФ.

Метод строительства гидротехнических сооружений из имеющих плавучесть крупных сборных элементов основывается на изготовлении на стапелях секций ГТС в форме железобетонных ящиков, которые затем транспортируются к месту установки с помощью буксирных судов.

В прошлом веке большое распространение получили плавучие доки из монолитного железобетона. Толщина обшивки таких доков изменялась в диапазоне от 6 до 10 см. Во второй половине XX века плавучие доки грузоподъемностью от 5000 т до 15 000 т проектировались и строились из сборного железобетона на Городецкой Судоремонтно-судостроительной корпорации (ПАО ССК).

В последние годы получило очень широкое развитие строительство железобетонных доков различной конструкции грузоподъемностью от нескольких сот тонн до 80 000 т.

Например, транспортно-передаточный плавучий док доставлен и пришвартован к причалу Судостроительного комплекса «Звезда» (г. Большой Камень Приморского края).

Транспортно-передаточный плавучий док предназначен для спуска со стапеля на воду крупногабаритных судов длиной 300 метров и шириной более 50 метров со спусковой массой до 40 000 тонн, а также буровых платформ и их элементов (оснований и верхних строений).

Продление срока службы плавучих доков достижимо при строительстве композитных конструкций. Их преимущество состоит в том, что железобетон, из которого изготавливается понтонная часть доков, хорошо работает на сжатие, а работа на растяжение его понтона обеспечивается арматурной сталью, которая защищена от коррозии защитным слоем бетона. Поэтому стального проката расходуется в этом случае меньше, чем при строительстве стального корпуса дока. Поскольку железобетон не корродирует в морской воде, понтон композитного дока не требует покраски. Башни дока, при необходимости, могут быть отремонтированы без вывода из эксплуатации самого дока. Обеспечение работы композитных доков без вывода из эксплуатации в течение всего длительного срока службы приносит большую экономическую выгоду их владельцам.

Внедрение в производство поперечного и продольного сращивания наплаву доков большей подъемной силы позволяет создавать плавучие доки подъемной силы конструктивного ряда 13 500–50 000 т.

Большой экономический эффект и увеличение срока службы сооружения может быть достигнуто за счет использования неметаллической композитной арматуры. Высокая коррозионная стойкость базальтопластико-

вой арматуры, позволяет увеличить эффективность конструкций сооружения из композитбетона за счет увеличения межремонтного цикла. Это приводит к уменьшению стоимости конструкции на единицу эксплуатационного времени до 30 % [1, 2], что было подтверждено для конкретного объекта «Сухой док на территории судовой верфи Звезда-ДСМЕ» в г. Большой камень.

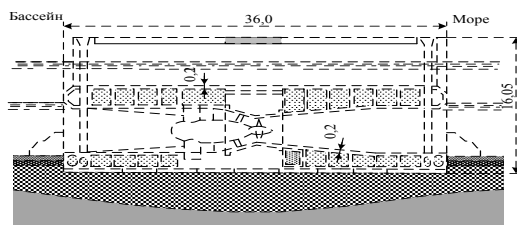
Пионерная в России Кислогубская ПЭС (рис. 1) была сооружена в 1968 году по проекту института «Гидропроект» впервые в мировой гидроэнергетической практике наплавным способом (без перемычек), что позволяет экономить при строительстве ПЭС до 43 % капитальных затрат.

Железобетонное здание ПЭС было сооружено в доке вблизи Мурманска, а затем отбуксировано к месту установки по морю [3]. Наплавной блок здания Кислогубской ПЭС имеет размеры $36 \times 18,3$ м в плане и 15,35 м по высоте. Здание ПЭС представляет собой тонкостенную железобетонную коробку докового типа.

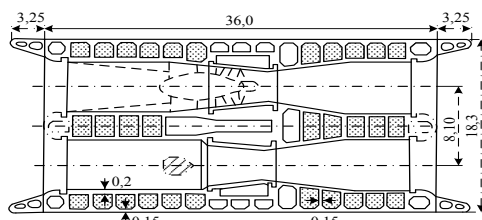


Рис. 1. Кислогубская приливная электростанция (ПЭС)

Конструкция образована днищевой плитой размером в плане $18,3 \times 36$ м и толщиной 20 см, на которой параллельно ее торцевому обрезу расположены переборки толщиной 15 см. Шаг переборок 1,5–2 м. Вдоль длинной стороны плиты на всю высоту блока идут две бортовые стены толщиной 15 см (рис. 2).



поперечный разрез по оси агрегата I



план по оси агрегатов

Рис. 2. Продольный разрез наплавного блока по оси I агрегата Кислогубской ПЭС

Основной принцип этой конструкции основан на компоновке плавучего дока. Нижняя плита блока аналогична доку-понтону, а бычки – башням дока. Отличие от дока состоит в том, что блок здания ПЭС имеет плиту, перекрывающую турбинный тракт. Простота конструктивной схемы позволяет осуществить ее из сборных элементов.

В 90-х годах прошлого столетия ведущими проектными и научно-исследовательскими организациями интенсивно разрабатывалась проблема транспортно-энергетического освоения рек восточной Сибири, в рамках которой рассматривалось возведение гидроузлов из наплавных блоков. Результаты исследований были апробированы на комплексе защитных сооружений г. Санкт-Петербург от наводнений.

Водопропускные сооружения В-2 и В-4 были созданы в виде наплавных блоков с размерами в плане $132 \times 51,14 \text{ м}^2$ и высотой 12 м, по 2 блока на каждое сооружение. Каждый блок включает 5 водопропускных отверстий (рис. 3). Сооружения В-2, В-4 имеют по 10 водопропускных пролетов шириной 24 м и глубиной дна на пороге 5 м. Все водопропускные пролеты оборудованы сегментными затворами массой 280 т каждый [4]. Плавучесть блоков обеспечивалась закрытием указанных затворов и установкой с противоположной стороны временных заграждений. Основание под сооружения подготавливались насухо под прикрытием перемычек. После

затопления перемычек блоки наплаву транспортировались через прорезь к месту установки и затоплялись. Далее прорезь закрывалась, котлован осушался, после чего выполнялись работы по завершению сооружений [4, 5].

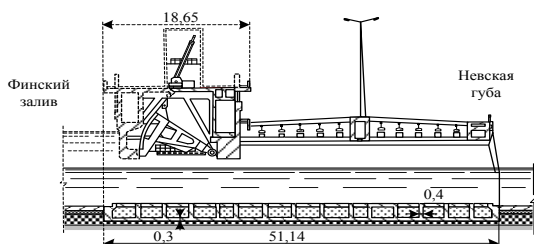


Рис. 3. Разрез водопропускного сооружения В-2 по оси канала

В настоящее время актуальными являются задачи реновации судоходных шлюзов ЕГС европейской части РФ, что вызвано как изменением габаритов расчетных судов, так и истечением нормативного срока службы сооружений. Требуется изменение габаритов камер шлюзов при строгих экологических и социальных ограничениях.

Первый опыт использования наплавных блоков для увеличения полезной длины камеры шлюза был осуществлен во время реконструкции Кочетовского шлюза № 1 в 1960–70-х гг. С этой целью была установлена новая нижняя голова шлюза – тонкостенный железобетонный массив гигант, изготовленный на берегу, и наплаву отбуксированный и установленный впритык к старой нижней голове. Старая голова с забетонированными полостями галерей и шкафов вошла в состав камеры. Отметка верха площадки устоев – 6,700 м. Отметка основания – минус 4,300 м. Длина головы – 22,30 м. Ширина по устоям – 32,00 м.

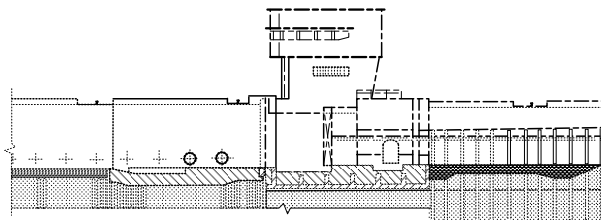


Рис. 4. Удлинение нижней головы шлюза № 1 Кочетовского гидроузла

Ограниченные полезные габариты камер (недостаточная глубина на пороге) наиболее существенно влияют на снижение пропускной способности Городецких шлюзов на реке Волге. Проработками ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова установлено, что для данных условий самым эффективным решением является строительство третьей нитки шлюзов из наплавных элементов.

Литература

1. Уманский, А. М. Применение базальтопластиковой арматуры в конструкциях морских гидротехнических сооружений / А. М. Уманский, А. Т. Беккер // Изв. ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 2016. – Т. 282. – С. 61–75.
2. Jason, Duic. Performance of concrete beams reinforced with basalt fibre composite rebar / Duic Jason, Sara Kenno, Das Sreekanta // Construction and Building Materials. – 2018. – V. 176. – P. 470–481.
3. Приливные электростанции / Л. Б. Берштейн [и др.]; под ред. Л. Б. Берштейна. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 296 с.
4. Кураев, С. Н. Защита устьевых участков рек и прибрежных территорий от морских наводнений (Обобщение опыта проектирования, исследований и строительства) / С. Н. Кураев, Л. В. Мошков, Ю. К. Севенард. – в СПб: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 1992. – 37 с.
5. Наплавные конструкции комплекса защиты Ленинграда от наводнений (проект и осуществление) / Л. Б. Бернштейн [и др.] // Энергетическое строительство. – 1985. – № 11. – С. 26–31.

УДК 627.23; 627.25

Определение устойчивости оградительного мола откосного профиля при сейсмических воздействиях

Мишукова О. А., Краснонос В. В.

Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С. О. Макарова
Санкт-Петербург, Россия

В статье затронуты вопросы проектирования морских портов в сейсмоопасных районах. Для создания безопасных условий стоянки судов, а также сохранности береговой инфраструктуры, одним из ключевых факторов является обеспечение общей устойчивости сооружений. Рассматривается методика расчета устойчивости оградительного мола откосного профиля, расположенного в акватории морского порта на Черноморском побережье. Приводятся результаты расчета в программ-

274