

УДК 624.012.4:691.32-419

К. В. ТАЛАНТОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА В КОНСТРУКЦИЯХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАСЕЙНОВ

Показаны сложные гидрогеологические условия эксплуатации ванны индивидуального плавательного бассейна. Рассмотрены варианты конструктивных решений ванн, в том числе из композиционного стеклопластика, монолитного железобетона, а также композита-сталефибробетона. Представлены преимущества применения конструкционного материала – сталефибробетона в конструкциях ванн бассейнов, которые обладают, по сравнению с типовыми аналогами, более высокими технико-экономическими показателями и составляют им серьезную конкуренцию. Применение сталефибробетона в конструкциях индивидуальных плавательных бассейнов позволит упростить технологию возведения, сократить сроки строительства и повысить их надежность и долговечность. Показано решение задачи снижения материалоемкости элементов конструкций ванн бассейнов, что приводит к сокращению трудоемкости их изготовления, транспортировки и монтажа.

индивидуальный плавательный бассейн, конструкция чаши, сталефибробетон, фибра стальная, эффективность, прочность, жесткость, технологичность, долговечность, технико-экономические показатели

Стремительно увеличивающийся рост числа многоэтажных жилых домов в центре крупных городов ведет к повышению их стоимости, что подталкивает граждан сделать выбор в пользу малоэтажного пригородного или загородного места проживания. Помимо этого, современный человек всё больше стремится к покою и гармонии с природой, в отрицание шумному и загрязненному мегаполису.

Жилая среда должна обладать функциональностью и комфортом, поскольку является местом отдыха человека. Привлекательным в этом смысле является небольшой плавательный бассейн на приусадебной территории, который вносит оживление в композицию участка, а его функциональное использование оказывает оздоровительное и лечебно-профилактическое воздействие на человека. Живительная прохлада воды бассейна особенно необходима в летний период, времени отпусков и каникул, а также является важным аксессуаром бань и саун. Актуальность строительства индивидуальных плавательных бассейнов ставит задачу поиска экономичных и быстровозводимых конструкций с применением современных, долговечных и надежных решений.

Конструкции бассейнов эксплуатируются в сложных гидрогеологических условиях (рисунок 1). Изнутри на чашу действует гидростатическое давление воды (3). Снаружи чаша обсыпана влажным грунтом и, в зависимости от плотности, типа грунта и вертикальной нагрузки на грунт (4) создаёт боковое давление на её стенки (1).

Бассейны, располагающиеся на открытом воздухе, а также в уровне первого, цокольного и подвального этажей, опираются днищем непосредственно на грунт (2). В условиях сурового климата, на конструкции бассейнов открытого типа действуют, кроме того, силы морозного пучения и отрицательные температуры.

При проектировании подобного рода сооружений необходимо учитывать вышеперечисленные факторы. Выбор конструкции чаш должен осуществляться на основе прочностных, жесткостных, технологических, эксплуатационных, экономических и архитектурных требований. Обязательным условием этого выбора является долговечность и экологичность конструкции.

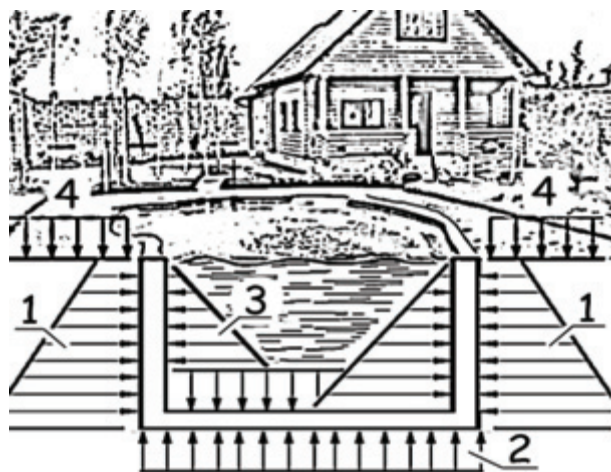


Рисунок 1 – Схема нагрузок, действующих на чашу бассейна в процессе эксплуатации.

Материалы конструкций

В советское время бассейны предназначались в основном для спортивных и лечебных целей и возводились в ограниченном количестве с размерами чаш на плане 25×21 м для спортивных бассейнов. Ванны изготовлялись из монолитного или сборного железобетона (ЖБ) и опирались, в большинстве своём, на балочную конструкцию, которая передавала нагрузку на колонны и далее на фундамент. Железобетонные варианты конструкций бассейнов и в настоящее время являются самыми распространенными, однако их применение в небольших сооружениях не совсем оправдано в связи с большими удельными материальными затратами. В последние годы потребность в большом числе бассейнов, в том числе индивидуальных, выросла, что стало предпосылкой разработки более совершенных конструкций и технологий их возведения.

В настоящее время потребителям предлагается большое разнообразие конструктивных решений чаш бассейнов. Западные производители активно поставляют на рынок легкие и изящные конструкции, как правило, в виде ванн небольших размеров, выполненных из композиционного стеклопластика (например, кок-полиэстра), или в виде пленочного покрытия, натягиваемого на стальной каркас (наземный вариант). Такие конструкции мобильны и легки, обладают хорошими эксплуатационными качествами и не требуют большого времени на подготовительные работы, однако имеют существенные недостатки. Ванны не обладают той функциональной гибкостью, которой обладают железобетонные чаши. Они имеют строго оговоренные размеры и формы, устанавливаются только на открытом воздухе, не всегда вписываются в архитектурную композицию участка, требуют специального оборудования для их обслуживания.

На сегодняшний день сохраняется тенденция использования монолитного железобетона в качестве материала конструкции ванны бассейна. Такой вариант позволяет воплотить любые желания заказчика, создать любые формы и размеры, применять любые архитектурные элементы (например, римскую лестницу). Такой бассейн может располагаться как внутри здания, так и снаружи, иметь любую отделку чаши: от простой покраски до мозаичного панно и мраморной плитки. Эти конструкции проверены временем и на сегодняшний день являются самыми распространенными.

Классический бетон, как конструкционный материал, обладает существенными недостатками, проявляющимися в его низкой трещиностойкости и прочности на растяжение. Необходимость введения стальной арматуры в элементы конструкций, в том числе предварительно напряженной для обеспечения требований I категории трещиностойкости, не всегда доступно в индивидуальном строительстве. Особенности проектирования железобетонных конструкций подразумевают большое количество арматурных элементов в виде сеток, каркасов и закладных деталей, что приводит к увеличению трудоемкости их возведения и материалоемкости.

В качестве альтернативного решения для устранения вышеперечисленных недостатков железобетонных конструкций предлагается использовать в элементах конструкций плавательных бассейнов композиционный материал – сталефибробетон (СФБ).

Сталефибробетон

Сталефибробетон представляет собой бетон армированный произвольно или упорядочено стальными волокнами (фибрами) [2, 3, 4]. Введение стальной фибры качественно изменяет структуру бетона-матрицы на микро- и макроуровне, что проявляется в прочностных и деформативных характеристиках СФБ, которыми можно управлять и задавать в соответствии со статической (динамической) работой конструкции. Одним из достоинств СФБ является его высокая трещиностойкость, при этом материал обладает водонепроницаемостью, морозо- и износостойкостью, кавитационной и коррозионной стойкостью, которые у СФБ в несколько раз выше, чем у обычного железобетона. Это очень важно для конструкций ванн плавательных бассейнов, эксплуатируемых в сложных гидрогеологических условиях (рисунок 1) [2].

Как показывает опыт исследований и строительства ряда зарубежных стран (Бельгии, Австралии, США, Японии и др.) СФБ продемонстрировал высокие эксплуатационные характеристики в конструкциях автодорожных и аэродромных покрытий, гидротехнических сооружений, в качестве огнеупорных футеровок, превзойдя железобетон по долговечности в несколько раз [3, 4, 5].

Преимущества использования сталефибробетона

Применение СФБ в конструкциях ванн индивидуальных бассейнов позволяет снизить объем бетонных работ, уменьшить массивность сооружения (снижение высоты сечения элементов может составить 30...50 %), частично или полностью отказаться от арматурных работ, уменьшив трудоемкость на 20...40 %, повысить долговечность сооружения в 2–5 и более раз (рисунок 2) [6, 7, 8].

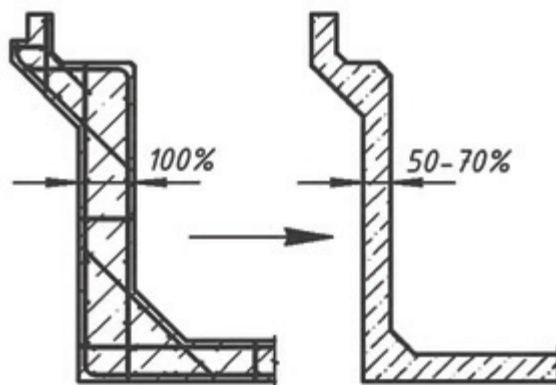


Рисунок 2 – Сечения стенки ванны бассейна: железобетонное (слева) и сталефибробетонное (справа).

При проектировании сталефибробетонных (сталефиброжелезобетонных) конструкций целесообразно выбирать объемный коэффициент фибрового армирования μ_{IV} в соответствии с максимальным нормальным напряжением растяжения σ_{tmax} , полученным в результате статического расчета с помощью программных средств, реализующих метод конечных элементов (BK SCAD, Лира и др.). По величине σ_{tmax} с помощью программы (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012619865 от 31.10.2012) в зависимости от принятого типа фибр и геометрии сечения можно определить минимальный относительный коэффициент расхода фибр на растяжение k_{fbt} [9] и соответствующие ему параметры фибрового армирования: μ_{IV} , d_f , l_f/d_p , R_{sf} а также R_b .

Далее, на основе картин полей напряжений, полученных в результате статического расчета конструкции с помощью программных средств (рисунок 3), разработать схему армирования фибрового и, при необходимости, регулярного.

Так для индивидуального плавательного бассейна с размерами на плане $L \times B = 10 \times 6$ м, глубиной $H = 2$ м, высотой сечения стенки $h = 0,2$ м принято зонное монодисперсное армирование стальной фиброй из листа диаметром $d_f = 0,5$ мм, длиной $l_f = 60$ мм, с расчетным сопротивлением $R_{sf} = 400$ МПа. В результате статического расчета продольных и поперечных стен, а также днища ванны получены максимальные напряжения в опасных сечениях от наиболее невыгодного сочетания нагрузок. В зонах с $\sigma_{tmax} = 1,28$ МПа достаточен минимально допустимый объемный коэффициент фибрового армирования $\mu_{IV} = 0,005$, что обеспечивает класс СФБ по прочности на сжатие $B_f 20$, с расчетным сопротивлением сжатию $R_{fb} = 13,20$ МПа и растяжению $R_{fbt} = 1,79$ МПа. В зонах с $\sigma_{tmax} = 1,9$ МПа необходимо увеличить μ_{IV} до 0,0075 с характеристиками $R_{fb} = 16,75$ МПа, $R_{fbt} = 2,03$ МПа, что соответствует $B_f 25$.



Рисунок 3 – Картина полей напряжений в продольной стенке бассейна (слева), схема зонного фибрового армирования в соответствии с картинами полей напряжений (справа).

ВЫВОДЫ

Принятое фибровое армирование (с конструктивной регулярной арматурой в зонах вутов) обеспечивает предъявляемые к СФЖБ ванне бассейна требования по 2-м группам предельных состояний, в том числе требования первой категории трещиностойкости.

Зонное монодисперсное фибровое армирование за счет распределения стальной фибры в соответствии с картинами полей напряжений, полученных средствами ВК SCAD (рисунок 3), обеспечило снижение расхода фибр по сравнению с монодисперсным армированием – на 11 %.

Применение СФБ позволило снизить расход бетона на ванну бассейна по сравнению с ЖБ вариантом на 23,5 %, арматуры – на 18 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ясный, Г. В. Спортивные бассейны [Текст] / Г. В. Ясный. – М. : Стройиздат, 1975. – 170 с.
2. Талантова, К. В. Сталефибробетон и конструкции на его основе [Текст] / К. В. Талантова, Н. М. Михеев. – СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. – 276 с.
3. Лысенко, Е. Ф. Проектирование сталефибробетонных конструкций [Текст] : Учеб. пособие / Е. Ф. Лысенко, Г. В. Гетун. – К. : УМК ВО, 1989. – 184 с.
4. Рабинович, Ф. Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции [Текст] : монография / Ф. Н. Рабинович. – М. : АСВ, 2004. – 560 с.
5. Johnston Colin D. Steel fibre – reinforced concrete-present and future in engineering construction [Текст] / Colin D. Johnston // Composites. – 1982. – V. 13, № 2. – P. 113–121.
6. Ааруп, Д. SRC – Сферы применения высокоэффективного фибробетона [Текст] / Д. Ааруп // СРІ – Международное бетонное производство. – 2007. – № 4. – С. 108–115.
7. Fibrecrete properties. Pavement design [Текст] / Aquila Steel Company Ltd. – Revesby, NSW 2212. – Australia, 1983. – 20 p.
8. Walraven, J. The evolution of concrete [Текст] / J. Walraven // Structural Concrete. – 1999. – Vol. 1, № 1. – P. 3–11.
9. Талантова, К. В. Оптимизация расхода стальной фибры при проектировании конструкций на основе сталефибробетона [Текст] / К. В. Талантова // Известия вузов. Строительство. Новосибирск. – 2014. – № 8. – С. 99–106.

Получено 29.02.2016

К. В. ТАЛАНТОВА

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ У
КОНСТРУКЦІЯХ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ПЛАВАЛЬНИХ БАСЕЙНІВ

Федеральна державна бюджетна освітня установа вищої професійної освіти «Петербурзький державний університет шляхів сполучення імператора Олександра І»

Показано складні гідрогеологічні умови експлуатації ванни індивідуального плавального басейну. Розглянуто варіанти конструктивних рішень ванн, у тому числі з композиційного склопластику, монолітного залізобетону, а також композиту-сталефібробетону. Представлені переваги застосування конструкційного матеріалу – сталефібробетону в конструкціях ванн басейнів, що мають, в порівнянні з типовими аналогами, більш високі техніко-економічні показники і складають їм серйозну конкуренцію. Застосування сталефібробетону в конструкціях індивідуальних плавальних басейнів дозволить спростити технологію зведення, скоротити терміни будівництва і підвищити їх надійність і довговічність. Показано рішення задачі зниження матеріаломісткості елементів конструкцій ванн басейнів, що приводить до скорочення трудомісткості їх виготовлення, транспортування і монтажу. **індивідуальний плавальний басейн, конструкція чаші, сталефібробетон, фібра сталава, ефективність, міцність, жорсткість, технологічність, довговічність, техніко-економічні показники**

CLARA TALANTOVA
PROSPECTS OF APPLICATION OF STEEL FIBER CONCRETE IN THE
CONSTRUCTION OF INDIVIDUAL SWIMMING POOLS

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University»

The complex hydrogeological conditions of operation of the bath of individual swimming pool have been shown. The options of constructive solutions to the baths, including composite fiberglass, reinforced concrete and composite-steel fiber concrete have been considered. The advantages of using a structural material – steel fiber concrete in the construction of baths, having, in comparison with the model analogues, higher technical and economic indicators and constitute serious competition have been presented. Application of steel fiber concrete in the construction of individual swimming pools will simplify the technology of construction, to reduce construction time and increase their reliability and durability. It has been given the solution of the problem of reducing the consumption of materials of structural elements of the baths, which reduces the complexity of their manufacture, transportation and installation.

individual swimming pool, design bowls, steel fiber concrete, steel fiber, performance, strength, stiffness, manufacturability, durability, technical and economic indicators

Талантова Клара Василівна – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри будівельних конструкцій федеральної державної бюджетної освітньої установи вищої професійної освіти «Петербурзький державний університет шляхів сполучення імператора Олександра I». Почесний працівник вищої професійної освіти РФ. Наукові інтереси: розрахунок і конструювання залізобетонних і кам'яних конструкцій; розробка та експериментально-теоретичні дослідження будівельних конструкцій на основі будівельного композиту – сталевібробетону. Розробка і участь у розробках нормативних документів з проектування сталевібробетонних і сталевіброзалізобетонних (комбінованих) конструкцій.

Талантова Клара Васильевна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры строительных конструкций федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I». Почетный работник высшего профессионального образования РФ. Научные интересы: расчет и конструирование железобетонных и каменных конструкций; разработка и экспериментально-теоретические исследования строительных конструкций на основе строительного композита – сталефибробетона. Разработка и участие в разработках нормативных документов по проектированию сталефибробетонных и сталефиброжелезобетонных (комбинированных) конструкций.

Talantova Clara – D.Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor, Building Constructions Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University». Honorary worker of higher professional education of the Russian Federation. Scientific interests: calculation and design of reinforced concrete and stone constructions; development and experimental and theoretical studies of building structures based on the construction of a composite – steel fiber concrete. Development and participation in development of normative documents for the design of steel fiber concrete and steel fiber reinforced concrete of (combined) structures.