

УДК 69:627.4

В. В. Габова, Ю. С. Мылая, А. А. Чураков

Волгоградский государственный технический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРУБОШПУНТА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ — ПОДПОРНЫХ СТЕНОК В ВОЛГОГРАДЕ

Статья носит обзорный характер и посвящена вопросам проектирования берегоукрепительных сооружений в Волгограде. Подпорные стены являются одним из самых распространенных видов строительных конструкций. Их применяют для возведения морских и речных причалов, удерживания от обрушения откосов насыпей автомобильных и железных дорог, моллов, камер шлюзов, набережных, крепления котлованов и траншей, защиты берегов от размыва. С уходом строительного производства от дорогостоящих методов ведения хозяйства и развитием рыночной экономики на смену ресурсоемким и дорогостоящим подпорным стенам гравитационного типа из монолитного и сборного железобетона пришли тонкие конструкции транспортных сооружений из стальных ШТС.

Ключевые слова: проектирование, расчеты, берегоукрепительные сооружения, объекты, трубошпунт, модель, анализ, программа, компания, строительство.

В настоящее время изготавливаются ШТС, сортамент которых включает около 500 вариантов профилей, обеспечивающих максимальную адаптацию к условиям проекта и предназначенных для возведения подпорных стен в различных природно-климатических и инженерно-геологических условиях, на слабых и скальных грунтах, в том числе в криолитозоне [1].

Уникальные технические и эксплуатационные качества подпорных стен из трубчатых сварных шпунтов были получены благодаря:

- созданию рациональных конструкций и ресурсосберегающих профилей шпунтов на основе применения современных средств и достижений строительной науки, проверке и корректировке результатов исследований на объектах строительства;
- высокой эффективности использования металла;
- изготовлению шпунтов в заводских условиях на специальных поточных линиях, созданных с учетом специфических особенностей применения стальных шпунтовых свай в экстремальных природно-климатических условиях России;
- применению оборудования с регулируемыми параметрами для погружения шпунта, а также использованию на строительной площадке универсальных траверс, захватов, кондукторов, направляющих и амортизаторов оригинальной конструкции, обеспечивающих снижение затрат материальных и трудовых ресурсов;
- снижению затрат на монтаж и сборку подпорных стен в связи с изготовлением шпунтов в заводских условиях «под ключ» и исключением необходимости их «доводки» или подгонки вручную на стройплощадке.

К настоящему времени из ШТС возведено более 50 инновационных объектов с суммарной протяженностью подпорных стен около 50 км. Экономический эффект от применения ШТС превысил 3 млрд руб. при снижении расхода стали не менее чем на 50 тыс. т [2].

Подпорные стены из ШТС проектируют с любыми углами поворота, в том числе замкнутые в плане, за счет конструктивных характеристик и размещения замковых соединений на трубе, при этом не теряется герметичность и не применяются дополнительные сварные переходные элементы. Конструкции ШТС при незначительном (на 3...5 %) увеличении расхода металла позволяют повысить моменты инерции и сопротивления в 1,5...1,7 раза. Установлено, что при забивке ШТС оплошность подпорной стены может быть нарушена под нагрузками в 40...50 раз больше, чем из шпунта типа Л5-УМ отечественного производства, что актуально для возведения сооружений с топляками, валунами и слоями мерзлого грунта в основании [3].

Опыт строительства сооружений показал, что возведение подпорных стен из ШТС в среднем экономит 3...4 тыс. руб. и сокращает затраты труда не менее чем на 6,6 чел.-ч на каждой шпунтовой свае [4].

Участки проектируемых берегоукрепительных работ расположены на правом берегу Волги в Краснооктябрьском районе Волгограда и объединяют в единое целое берегоукрепления от Мамаева кургана до существующего берегоукрепления в районе моста через Волгу. Общая длина составляет примерно 1,7 км.

Строительство берегоукрепительных сооружений было приурочено к проведению чемпионата мира по футболу 2018 г. и строительству рокадной дороги в пределах стадиона «Волгоград Арена».

Конструкции берегоукреплений в утвержденном в феврале 2014 г. проекте были запроектированы в виде полукосного профиля с упорным поясом из сборной железобетонной подпорной стенки и откосной частью, выполняемой из песчаного грунта с железобетонными плитами крепления в пределах расчетных максимальных уровней Волги в период прохождения весеннего половодья.

Сравнение длительности производства работ при строительстве упорного пояса и подпорных стенок из сборного железобетона и из трубошпунта показало, что применение трубошпунта позволило значительно сократить сроки строительства.

Изменение конструкции в проектной документации позволило переместить ось упорного пояса на 10 пог. м в сторону береговой кромки, уменьшить объем песчаного грунта обратных засыпок, исключить откосную часть с ее креплением сборными железобетонными плитами, снизить эксплуатационные затраты, обеспечив более длительный период без ремонтных работ. Данное проектное решение по изменению основных конструктивных элементов не приводит к изменению основных технико-экономических характеристик сооружения, сроков его ввода в эксплуатацию и увеличению объема бюджетных ассигнований.

Если сравнить шпунт Ларсена и трубошпунт, то последний обладает рядом ценных преимуществ, несмотря на то, что трубошпунт стоит дороже [5].

Максимальный момент сопротивления давлению грунта позволяет без проблем применять трубошпунт даже на нестабильных и подвижных грунтах, где шпунту Ларсена может не хватить устойчивости [6].

Стенку можно усилить, произведя ее частичное бетонирование или разместив внутри труб балки и швеллеры.

Стенка обладает высокой степенью устойчивости, что позволяет использовать ее в качестве несъемной опалубки [7].

Трубошпунт монтируется на любых грунтах, так как валуны внутри трубы можно раздробить, а слишком плотную почву — разрыхлить.

Так же как и любую разновидность стального шпунта, трубошпунт можно использовать многократно. Если есть такая необходимость, то после завершения работ его извлекают и успешно применяют на другом объекте [8].

Технические решения отдельных конструктивных элементов

Берегоукрепительные сооружения разработаны в виде контрбанкета (упорного пояса) от уреза воды до отметок 12,50...14,50 м ГС и имеют двухъярусный профиль с площадками на отметках 6,00 м ГС (нижний ярус) и 10,50 м ГС (верхний ярус) (рис. 1). Проектный профиль берегоукрепительного сооружения обеспечивает общую устойчивость берегового склона. Коэффициент запаса устойчивости (коэффициент надежности по ответственности сооружения) не превышает значения $K_{уст} \geq K_{доп} = 1,15$ согласно СП 58.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 33-01—2003 «Гидротехнические сооружения. Основные положения»), п. 8.8.

Естественный береговой склон выше образованной сооружением территории на отметках 12,50...14,50 м находится в состоянии предельного равновесия. Подпорные стенки выполняются из трубошпунта (ШТС 820 × 10) и разделены на секции длиной 15...25 м. Секция подпорной стенки объединяется в единое целое шапочным брусом и представляет собой железобетонную монолитную балку высотой 600...800 мм, шириной 800...1100 мм. Для бетонирования шапочного бруса на элементах трубошпунта в нижней части шапочного бруса применена несъемная металлическая опалубка, элементы которой привариваются к трубошпунту.

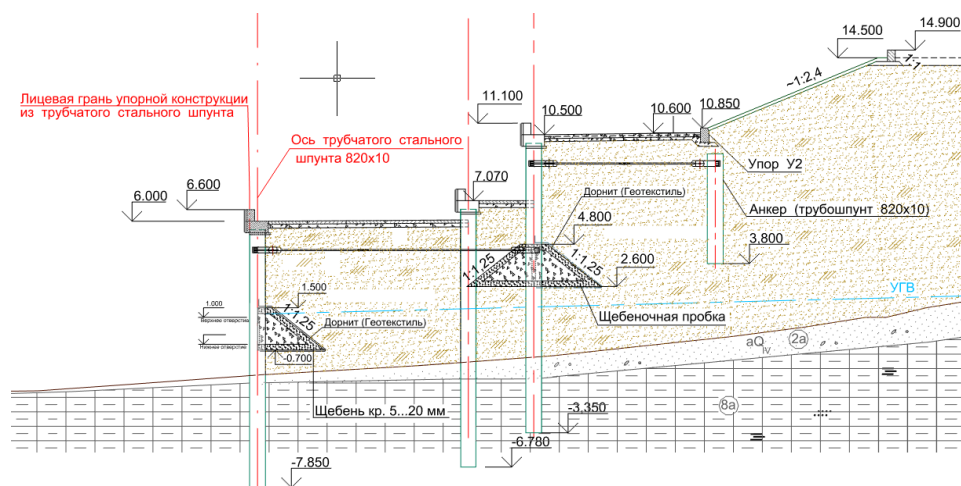


Рис. 1. Разрез по подпорным стенкам

Для определения глубины погружения трубошпунта, прочности и устойчивости были выполнены статические расчеты подпорных стен с использованием проектно-вычислительного комплекса SCAD Office [9]. Расчетная схема и результаты расчета приведены на рис. 2—4.

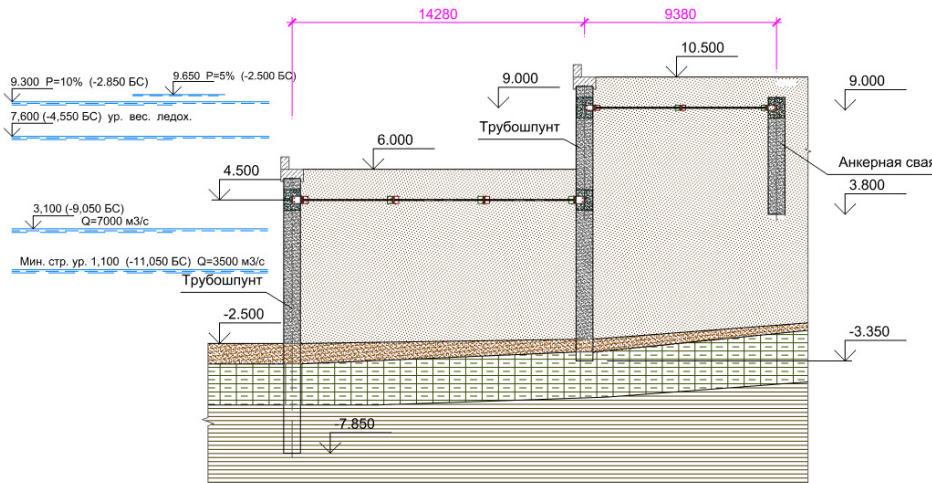


Рис. 2. Расчетная схема участка берегоукрепления

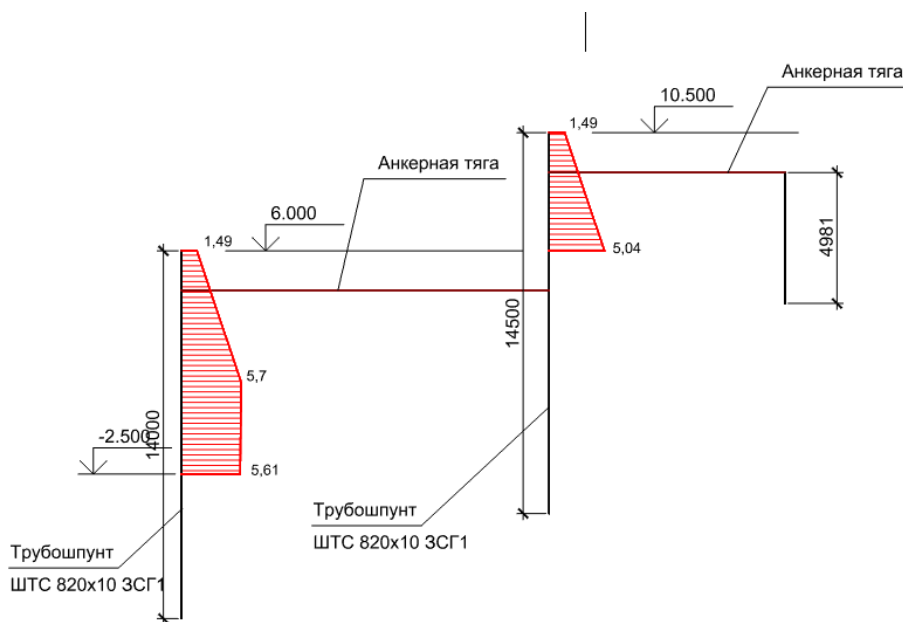


Рис. 3. Расчетная нагрузка на сооружения от активного давления грунта, т/м²

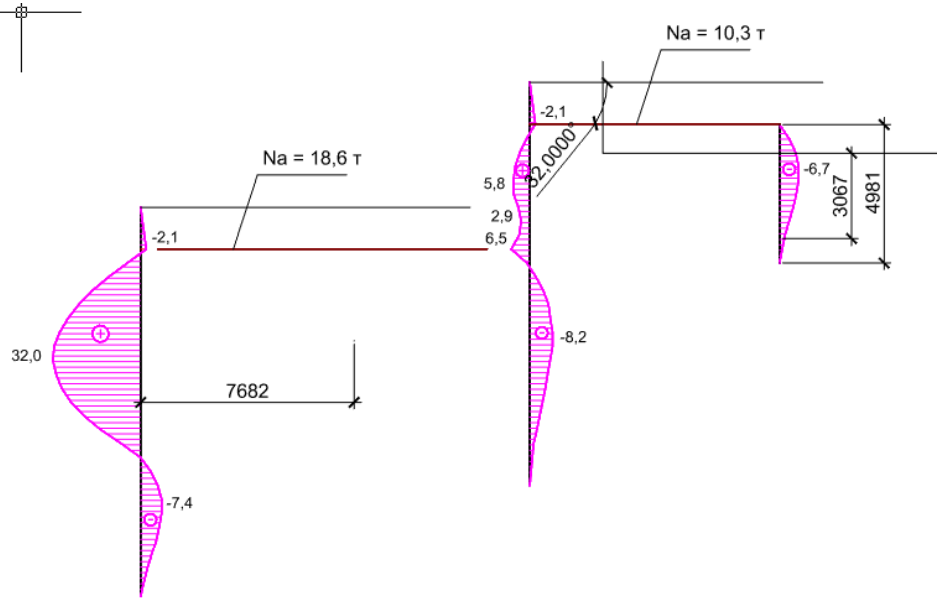


Рис. 4. Эпюра моментов, $t \cdot m$, и усилия в анкерных тягах

Применение трубошпунта позволило закончить строительство берегоукрепительных сооружений без нарушения сроков. Кроме того, трубошпунт был использован и при строительстве рокадной дороги вдоль берега Волги. Из него выполнены подпорные стенки, что дало возможность сократить объемы насыпи и площадь участка, отведенного под рокадную дорогу (рис. 5—7).

Положительный опыт строительства конструкций из трубошпунта нашел свое применение при дальнейшем проектировании и строительстве новых участков берегоукрепления в Волгограде.



Рис. 5. Участок берегоукрепления до начала строительства



Рис. 6. Участок берегоукрепления во время строительства

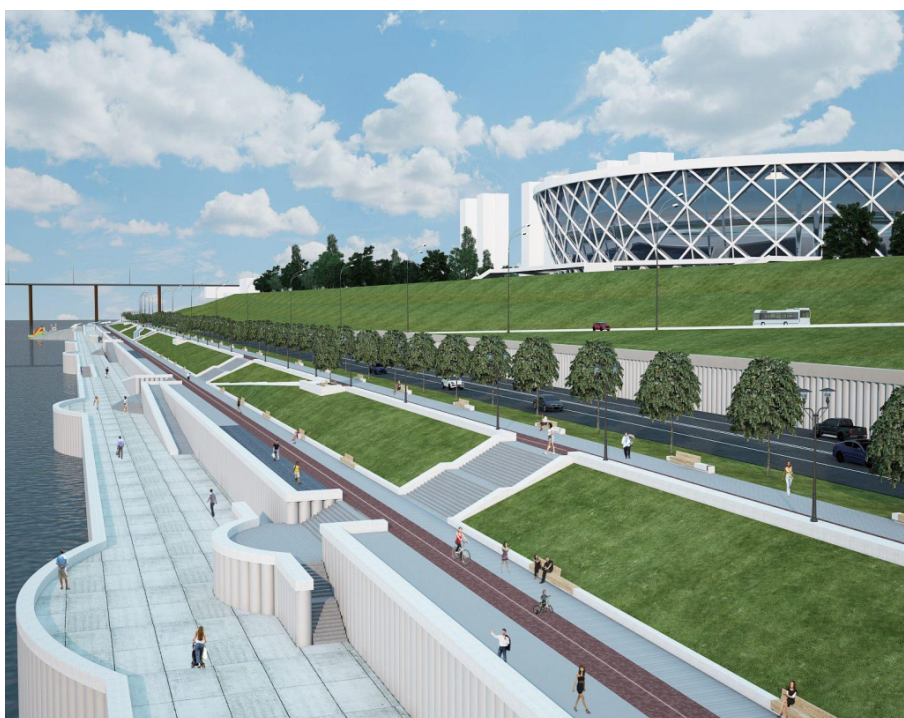


Рис. 7. Проектное решение участка подпорной стенки для Нулевой рокадной дороги

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Будин А. Я., Демина Г. А. Набережные : справ. пособие. М. : Стройиздат, 1979. 287 с.
2. Williams A. Design of Reinforced Concrete Structures. Publisher : Engineering Press, 1996.
3. «Инновационная высокотехнологичная отечественная продукция». Шпунт трубчатый сварной ГОСТ Р 52664—2010 : справ. пособие : проектирование и стр-во / В. В. Гончаров и др. ; под общ. ред. В. В. Гончарова. М. : Спец-Адрес ; Сургут : ЦНИИС — трансп. стр-ва, 2013. 247 с.
4. Корчагин Е. А. Технология строительства причальных сооружений с применением металлического шпунта : учеб. пособие. М. : МГАВТ, 2004. 136 с.
5. Доусон Т. Проектирование сооружений морского шельфа / Пер. с англ. Л. : Судостроение, 1986. 288 с.
6. Ренгач В. Н. Шпунтовые стенки (расчет и проектирование). Л. : Изд-во лит. по стр-ву, 1970. 109 с.
7. Баженов Ю. М. Технология бетона : учеб. пособие для вузов. М. : Высш. шк., 1978. 455 с.
8. Красов Н. В. Стальные шпунтовые сваи в портовом гидротехническом строительстве. М. : Транспорт, 1982.
9. Габова В. В., Перфилов В. А., Кретов Н. Д. Проектирование и расчеты в 3D системе NX Siemens нефтегазовых сооружений // Инженер. вестн. Дона. 2020. № 11. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6661>.

© Габова В. В., Мылая Ю. С., Чураков А. А., 2023

Поступила в редакцию
в декабре 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Габова В. В., Мылая Ю. С., Чураков А. А. Использование трубошпунта при строительстве берегоукрепительных сооружений — подпорных стенок в Волгограде // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2023. Вып. 1(90). С. 6—13.

Об авторах:

Габова Виктория Викторовна — канд. техн. наук, доц. каф. строительных конструкций, оснований и надежности сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; gabovavv@yandex.ru

Мылая Юлия Сергеевна — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; yuliya.mylaya@gmail.com

Чураков Алексей Александрович — канд. техн. наук, доц. каф. строительных конструкций, оснований и надежности сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; alexei.churakov@yandex.ru

Viktoriya V. Gabova, Yuliya S. Mylaya, Alexey A. Churakov

Volgograd State Technical University

THE USE OF A PIPE PILE IN THE CONSTRUCTION OF SHORE PROTECTION STRUCTURES — RETAINING WALLS IN THE VOLGOGRAD CITY

Review article on the design of shore protection structures in the Volgograd city. Retaining walls are one of the most common types of building structures. They are used for the construction of sea and river berths, to keep the slopes of embankments of highways and railways from collapsing, jetties, lock chambers, embankments, fixing pits and trenches, protecting the shores from erosion. With the transition of construction production from expensive farming methods and the development of a market economy, resource-intensive and expensive gravity-type retaining walls made of mono-

lithic and precast reinforced concrete were replaced by thin structures of transport structures made of steel pipe pile.

Key words: design, calculations, shore protection structures, objects, pipe pile, model, analysis, program, company, construction.

For citation:

Gabova V. V., Mylaya Yu. S., Churakov A. A. [The use of a pipe pile in the construction of shore protection structures — retaining walls in the Volgograd city]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2023, iss. 1, pp. 6—13.

About authors:

Viktoriya V. Gabova — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; gabovavv@yandex.ru

Yuliya S. Mylaya — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; yuliya.mylaya@gmail.com

Alexey A. Churakov — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; alexei.churakov@yandex.ru