

УДК 624.154

**УСТРОЙСТВО ШПУНТОВОГО ОГРАЖДЕНИЯ КОТЛОВАНОВ И  
ПОДПОРНЫХ СТЕН В СЛОЖНЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ  
УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ**

***Тарасеева Нелли Ивановна,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Геотехника и дорожное  
строительство».*

***Андреанов Константин Анатольевич,***

*Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов*

*кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой "Городское  
строительство и автомобильные дороги".*

***Хрипунова Марина Станиславовна,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*магистрант.*

***Антонов Артём Баяндурович,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*магистрант.*

**Аннотация**

Строительство жилых домов и торговых центров с подземным паркингом в стеснённых условиях городской застройки имеет ряд конструктивных и технологических особенностей. В статье рассмотрен вариант устройства подпорной стенки из элементов, альтернативных зачастую используемым шпунтам типа Ларсен Л5.

**Ключевые слова:** подпорные стенки, глубокие котлованы, конструкции шпунтового ограждения, Ларсен Л5, забивные сваи

# DEVICE OF PIPE FACING OF BOTTLES AND RETAINING WALLS IN DIFFICULT HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF URBAN DEVELOPMENT

*Taraseeva Nelli Ivanovna,*

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Geotechnics and road construction”.*

*Andrianov Konstantin Anatolyevich,*

*Tambov State Technical University*

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the department*

*“Urban Construction and Highways”*

*Khripunova Marina Stanislavovna,*

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*undergraduate student.*

*Antonov Artem Bayandurovich,*

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*undergraduate student.*

## **Annotation**

The construction of residential buildings and shopping centers with underground parking in the cramped conditions of urban development has a number of design and technological features. The article discusses a variant of the device of a retaining wall from elements that are alternative to the often used sheet piles of the Larsen L5 type.

**Keywords:** retaining walls, deep pits, sheet piling structures, Larsen L5, driven piles.

Ежегодное увеличение спроса на подземные многоуровневые парковки, расположенные под жилыми и торговыми комплексами, является актуальным вопросом современной застройки и планировки. Особенно остро эта проблема

проявляется в крупных городах, где практически каждый дом или торговый центр должен иметь свою автостоянку.

Решение подобной задачи в условиях существующей застройки достаточно усложнено, однако на стадии проектирования нового объекта возможно предусмотреть подземный паркинг, что имеет конструктивные и технологические особенности [1]. Устройство глубоких котлованов в условиях плотной городской застройки всегда считалось одной из наиболее сложных задач подземного строительства. В первую очередь это касается невозможности устройства ограждений котлованов с помощью забивки свай или шпунта из-за негативного динамического воздействия на окружающие здания. При отрывке котлованов в черте города необходимо учитывать указанное воздействие на прилегающую застройку и инженерные коммуникации [2].

Основные типы ограждающих конструкций, применяемых для крепления бортов котлованов: шпунт из труб и металлический шпунт (типа Ларсена); ограждение котлованов из буронабивных свай; «стена в грунте».

Практика строительства показывает, что ограждение котлована конструкцией шпунтов из труб является наиболее экономичным и заключается в погружении в пробуренные скважины металлических труб диаметром 300 ÷ 600 мм, как правило, бывших в употреблении (при сохранении прочностных параметров удешевление происходит за счёт расходного материала). По мере разработки грунта в котловане между металлическими элементами устанавливается забирка из деревянных досок, препятствующая осыпанию грунта [3].

Ограничения области применения шпунтового ограждения (ШО) связаны с параметрами котлована, в частности, глубина должна быть не более 5 м. ШО из труб не является водонепроницаемым, поэтому для использования в водонасыщенных грунтах требуется выполнять водопонижение. Последнее может привести к дополнительным осадкам зданий прилегающей застройки.

Металлические шпунтовые ограждения котлованов (типа Ларсена) широко используются в гидротехническом строительстве в водонасыщенных

грунтах. Замковое соединение шпунтин защищает от поступления воды в котлован. Наиболее распространенными формами являются металлические шпунты U-, Z-, H- образного поперечного сечения. Установка шпунта в грунт осуществляется обычно вибропогружением (рис. 1, 2).

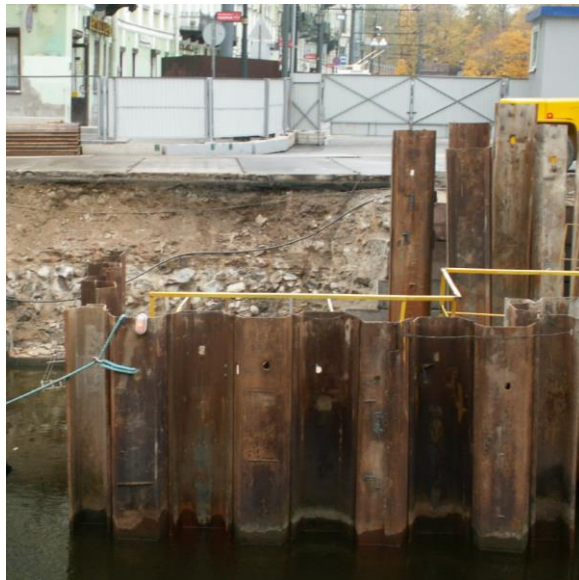


Рисунок 1 – Устройство металлического шпунтового ограждения: канал Грибоедова, г. Санкт-Петербург



Рисунок 2 – Устройство шпунтового ограждения. Мост через реку Сура: а – установка шпунта, б - вибропогружение

Устройство ограждений котлованов по технологии «стена в грунте» состоит в отрывке глубоких узких траншей под защитой глинистого раствора с последующим бетонированием методом вертикального перемещения трубы (ВПТ). Траншеи разрабатываются отдельными захватками, длина которых в плане соответствует размерам навесного оборудования и составляет обычно 2 – 3 м.

В данной статье рассмотрен вариант технологии устройства шпунтового ограждения котлована многоквартирного жилого дома с подземной парковкой с применением предварительного напряжения.

Проектируемая площадка вписана в плотную городскую застройку г. Ульяновска. Рельеф участка ровный, искусственно спланированный. Геолого-литологическая характеристика представлена в таблице 1.

Геологическое строение площадки способствует образованию нового временного водоносного горизонта типа «верховодки», что является неблагоприятным физико-геологическим процессом, осложняющим строительство и эксплуатацию проектируемого жилого дома.

Проанализированы данные инженерно-геологических изысканий, выполненных на площадке строительства, схемы и диапазон нагрузки на подпорные стенки, на основании чего предложен вариант предварительно-напряженной стенки. Конструктивные и технологические предложения имеют практическую значимость, т.к. позволяют решать задачу оптимизации технического решения ограждения котлована по сравнению с существующим проектом. На строительном рынке реализуется несколько разновидностей шпунта для ограждения, который представляет собой корытообразный профиль, длина элемента может достигать до 35 метров, а ширина до 80 см. Проектировщиками исследуемого объекта предложен шпунт Л5, изготовленный из сталей марок СТЗКП либо 16 ХГ, шириной 42 см, вес 1 п.м. – 100 кг, вес 1 м<sup>2</sup> – 217 кг. Общая масса 471,0 тн, сметная стоимость устройства такой стенки составляет 23636,0 тыс.руб. При стоимости услуг по погружению

шпунта 4200,0 тыс.руб., полная стоимость рассматриваемого варианта составляет 27836,0 тыс.руб.

Таблица 1

Геолого-литологическая характеристика участка строительства

Номер слоя	Состав слоя	Примечания
<i>Современные техногенные отложения (<math>tQ_{IV}</math>)</i>		
ИГЭ-1	Насыпной грунт, представлен смесью глины, песка, строительного и бытового мусора. Мощность слоя 0,5÷4,5 м	Водовмещающий грунт
<i>Средне-верхнечетвертичные аллювиально-делювиальные отложения (<math>a-dQ_{II-IV}</math>)</i>		
ИГЭ-2	Песок мелкий, средней плотности, с включениями прослоев суглинка и глины. Мощность слоя 1,1÷3,0 м.	Водовмещающий грунт
ИГЭ-3	Песок пылеватый, водонасыщенный, средней плотности. Мощности слоя 2,6÷3,4 м.	
ИГЭ-4	Суглинок тугопластичный, опесчаненный, с включениями прожилков карбонатов и небольших прослоек песка. Мощности слоя 1,3÷1,7 м.	Грунт залегает в зоне транзита УГВ
ИГЭ-5	Глина полутвердая, опесчаненная, с включениями небольших прослоек песка. Мощности слоя 2,0÷2,1 м.	Грунт ненабухающий

В качестве альтернативного варианта авторами предложено использовать стальные трубы, бывшие в употреблении, диаметром 530 мм, толщина стенки 8 мм в количестве 157 штук, общим весом 215 т. Сметная стоимость предлагаемого решения составляет 8600,0 тыс.руб., без учета устройства систем предварительного напряжения [4].

С целью уменьшения объема материала технология погружения свай сопровождается вытеснением грунта. Сущность данного метода заключается в бурении лидирующей скважины на глубину  $7\div 8$  м. В указанную скважину погружается труба и осуществляется её добивка до проектной отметки на глубину  $5\div 7$  м (рис. 3).

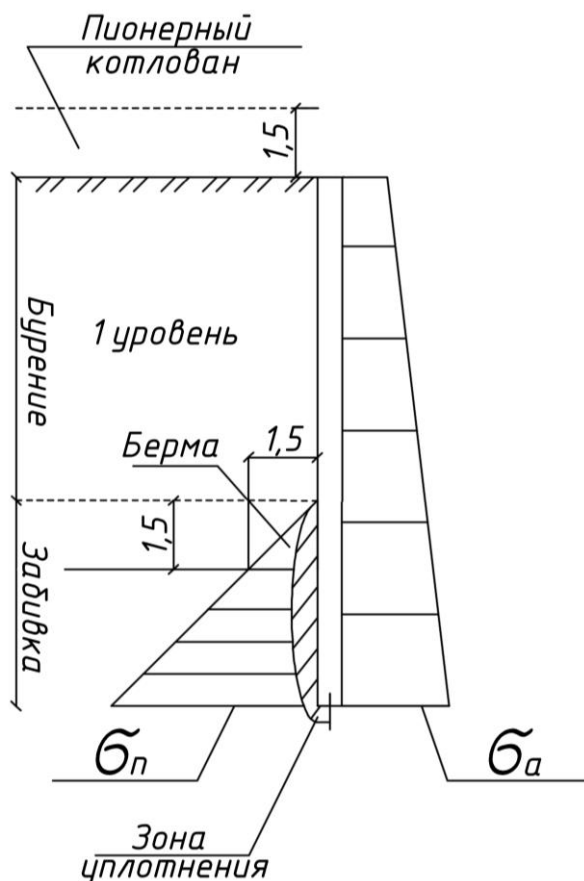


Рисунок 3 - Расчётная схема подпорной стенки

В процессе забивки полой трубы в последней формируется грунтовая пробка. Таким образом, осуществляется погружение не полого, а цельного элемента, что обуславливает формирование в грунте уплотненной области, т.е предварительное напряжение грунта.

Специалистам в области геотехники известно, что сопротивление грунта горизонтальному перемещению буровой сваи существенно (в  $2\div 2,5$  раза) меньше, чем при технологии погружения забивной сваи, что сопровождается вытеснением грунта. Проявляется эффект уплотнения, обуславливающий повышение сопротивления грунта горизонтальному смещению стенки.

На ряду с указанным эффективным горизонтальное усилие увеличивается за счёт устройства грунтовой бермы и установки распорок. В предложении [4] шаг расстановки труб составляет 2,5 диаметра трубы. Распорки диаметром 273 мм имеют уширенные наконечники диаметром 430 мм. Наконечник представляет собой трубобетонный элемент длиной 0,5 м. Расчётодопустимое усилие в распорке  $N_{р.д.}$  принято равным 300 кН. Контролируемое усилие натяжения при вдавливании на 25% должно превышать указанные значения  $N_{р.д.}$ .

Наконечник собирается из элементов, которые свариваются при монтаже. Количество последних определяется по мере достижения контролируемого натяжения. Распорка состоит из двух частей, которые соединяются монтажной обоймой. Указанная обойма приварена к верхней части распорки и по мере включения наконечника в работу обойма приваривается к нижней части распорки (рис. 4). Особое внимание в ведении работ следует обратить на этапе включения распорок в работу.

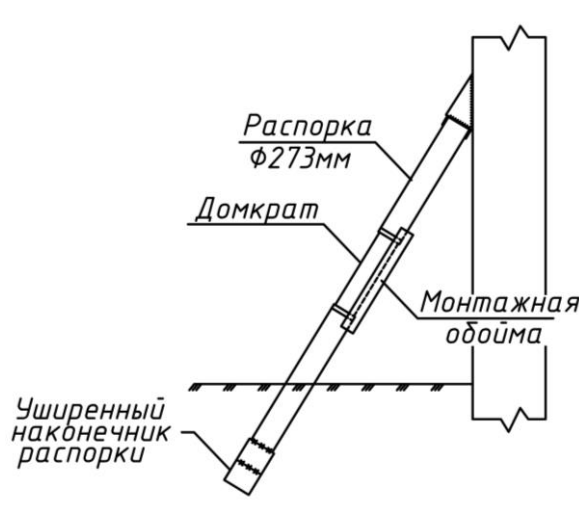


Рисунок 4 - Схема устройства распорки

Стоимость устройства распорки с обеспечением контролируемого усилия и выполнения стабилизации составляет порядка 7 500,0 тыс.руб. Общая стоимость устройства стенки по предложению около 16 100,0 тыс.руб.



В целом комбинированный подход к технологии устройства шпунтовой стенки, включающий эффект уплотнения грунта, пригруз от бермы и предварительное напряжение конструкции стенки позволили существенно уменьшить сметную стоимость устройства котлована, в том числе и за счёт использования в качестве импортозамещения шпунта Ларсен металлических труб, бывших в употреблении.

#### **Библиографический список:**

1. Справочное пособие к СНиП 2.09.03-85. Проектирование подпорных стен и стен подвалов. Москва. Стройиздат. 1990
2. Инженерный метод расчёта горизонтально нагруженных групп свай; Учебное пособие для вузов. В.В. Знаменский. М.: Изд-во АСВ. 2000. 128 с.
3. Глухов В.С. Устройство подпорной стенки на объекте автосалона «КИА» в г. Самара // Материалы III Международной научно-практической конференции. Актуальные проблемы современного фундаментостроения с учетом энергосберегающих технологий: материалы III Международной научно-практической конференции. Пенза: Изд-во ПГУАС, 2013. С. 26-29.
4. Глухов В.С. Оптимизация подпорной стенки путем предварительного напряжения / В.С. Глухов, Н.И. Тарасева, Н.М. Иванов, Т.С. Шаронова // Актуальные проблемы современного фундаментостроения с учетом энергосберегающих технологий: материалы VII Всероссийской научно-технической конференции. Пенза: Изд-во ПГУАС, 2016. С. 30-34.