

УДК 624.137.5

СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОДПОРНЫХ СТЕН И ОГРАЖДЕНИЯ КОТЛОВАНОВ

А.П. Кремнев, А.С. Василенко

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, Республика Беларусь
e-mail: a.kremnev@psu.by, a.s.vasilenko@students.psu.by

Рассмотрены современные конструкции подпорных стен и ограждений котлованов. Представлены конструктивные решения и основное назначение габионных конструкций, грунтовых стенок, армированных георешеткой, автомобильными покрышками и металлической сеткой, ограждений котлованов из шпунта и мембранных стен.

Ключевые слова: *подпорные стены, ограждение котлованов, конструктивное решение.*

MODERN DESIGNS OF RETAINING WALLS AND PIT FININGS

A. Kremnev, A. Vasilenko

Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, Republic of Belarus
e-mail: a.kremnev@psu.by, a.s.vasilenko@students.psu.by

Modern designs of retaining walls and pit fencing are considered. Design solutions and the main purpose of gabion structures, soil walls reinforced with geogrid, automobile tires and metal mesh, fences for sheet pile pits and membrane walls are presented.

Keywords: *retaining walls, pit fencing, design solution.*

Введение. Нередко при строительстве, различных зданий и сооружений, а также при разработке котлованов, сталкиваются с вопросом устойчивости, при действии горизонтального давления грунта (напора). В таком случае для обеспечения устойчивости используются различного рода подпорные сооружения, к которым относятся ограждения котлованов и подпорные стены.

Ограждения котлована – конструкции, применяемые в том случае, когда производится вертикальная разработка грунта в котловане. Они служат для защиты от подтопления котлована грунтовыми водами, а также предотвращают осыпание грунта внутрь котлована.

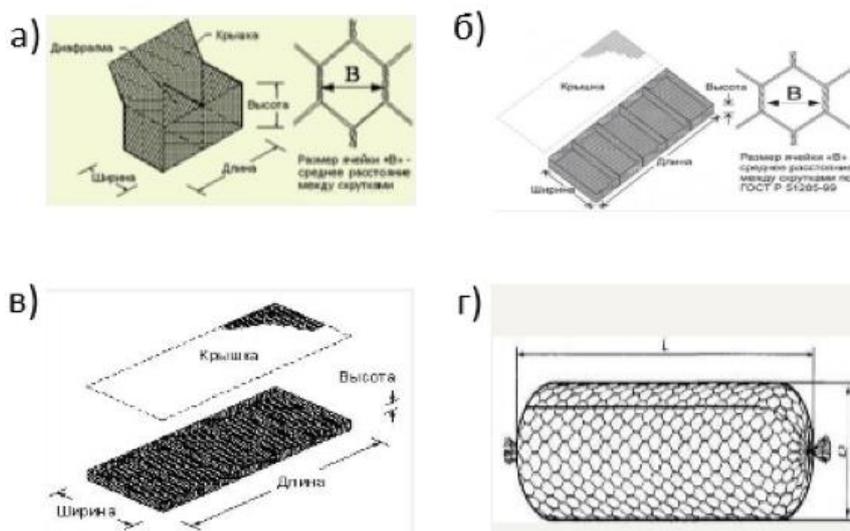
Подпорные стены – конструкции, применяемые в том случае, когда необходимо удерживать находящийся за ними грунт от обрушения и сползания. Данные конструкции устраиваются при строительстве зданий и сооружений на уклонах местности, вблизи откосов, при обустройстве набережных береговых зон рек, морей, озер.

Основная часть. Несущая конструкция подпорной стенки состоит из двух ключевых компонентов: фундамент – подземная часть; тело – надземная (видимая) часть. Также для того, чтобы повысить прочность подпорной стенки в ее конструкцию включают дренаж, который необходим для отвода грунтовых вод. Все элементы подпорной стенки выполняют технические функции. А тело, помимо технических функций, решает еще и эстетические задачи [1].

На сегодняшний день помимо существующих традиционных конструкций подпорных стенок, все более часто находят применение инновационные разработки. Рассмотрим некоторые из них.

Габионы, первое инновационное решение подпорной стенки. Такие конструкции представлены в различных формах, но к наиболее часто применяемым относят пространственную, прямоугольную или же цилиндрическую формы. Габионы обеспечивают свою устойчивость за счет собственной массы. Они состоят из двух элементов: прочная металлическая сетка и ее наполнитель (рисунок 1). Чаще всего в качестве наполнителя применяется природный камень, размер которого больше размера ячейки сетки. Чаще всего габионные конструкции применяются при обустройстве территорий частной загородной застройки. К основным типам габионных конструкций относят:

- габион коробчатый
- габион с диафрагмами;
- габион матрасный;
- цилиндрические габионы (мешки) [1].



а) габион коробчатый; б) габион с диафрагмами; в) матрасный габион; г) цилиндрический габион

Рисунок 1. – Виды габионов

ГОСТ Р 51285-99 предписывает использовать для габионных конструкций уникальную сетку, изготовленную из проволоки двойного кручения с шестиугольными ячейками. В качестве защиты от коррозии на проволоку наносят цинковое или гальфановое покрытие, в агрессивных средах дополнительно используется полимерное (ПВХ) покрытие сетки. Целостность, прочность и равномерное распределение нагрузок обеспечивает двойное кручение проволоки в сетке.

В результате соединения габионов между собой проволокой, либо же специальными тросами создается гибкая подпорная стена, которая рационально решает ряд инженерных и ландшафтных задач, а также выгодно отличается от аналогов из бетона, железобетона.

К ряду решаемых такими подпорными стенками инженерных задач относятся следующие: такие конструкции не требуют специальных фундаментов и оснований, их можно возводить быстро, независимо от времени года, такие конструкции не требуются дополнительного устройства дренажной системы, так как водоотведение осуществляется естественным путем за счет пористости блока, который свободно пропускает через себя воду; такие конструкции способны воспринимать внезапные и локальные нагрузки, вызванные большими осадками или прогибами грунта за счет гибкости всего сооружения, при этом разрушения самой га-

бионной структуры не происходит; со временем эффективность габионных конструкций значительно возрастает, поскольку пустоты конструкции заполняются грунтом, в котором прорастает растительность, а ее корневая система прочно скрепляет каменную засыпку; такие конструкции с легкостью монтируются в труднодоступных для строительной техники местах [1].

К ряду решаемых такими подпорными стенками ландшафтных задач относятся следующие: сохраняются полезные посадочные площади; габионные конструкции не препятствуют росту растительности и гармонично вписываются в окружающую среду. Со временем они превращаются в естественные зеленые блоки, украшающие ландшафт [1].

Второе инновационное решение подпорной стенки, это конструкции из грунта армированного георешеткой в сочетании с геотекстилем. Георешетка – уникальный геотехнический материал, представляющий собой серию листовых полос толщиной от 1,35 до 1,8 мм и высотой от 50 до 200 мм. Ячейки георешетки создаются путем соединения полос специальными швами. Глубина и размеры ячеек подбираются в зависимости от нагрузки и структуры заполнителя. В развернутом виде георешетка образует ячеистую конструкцию, которую заполняют минеральным заполнителем. Секции георешеток обладают высокими физико-механическими характеристиками и способны выдерживать различные климатические условия. Они изготавливаются из прочных, но гибких полиэтиленовых лент, позволяя создавать подпорные стенки различных форм и на местностях с любым рельефом. Крутизна укрепляемого склона может быть любой, включая вертикальную (рисунок 2).



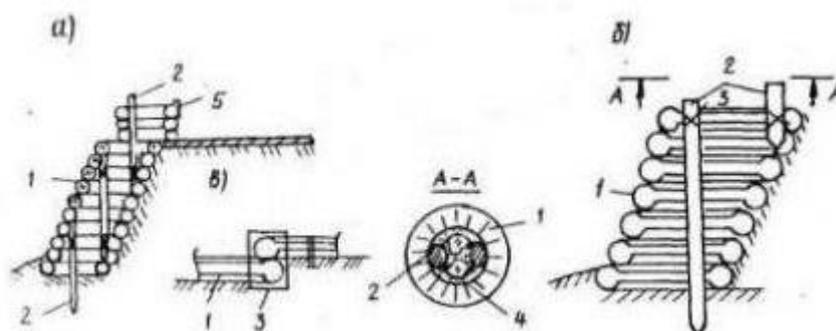
Рисунок 2. – Подпорные стенки из грунта армированного георешеткой в сочетании с геотекстилем

Возведение подпорных стенок, построенных по этой технологии, обеспечивает необходимую прочность, экономичность и долговечность. Такие стены оптимально спроектированы, чтобы противостоять неравномерным осадкам и противодействовать температурным и усадочным напряжениям. Геотекстиль и грунт, армированный георешеткой, в совокупности создают многослойную многоуровневую структуру. При этом георешетки можно укладывать двумя способами: с горизонтальным сдвигом друг относительно друга или без сдвига [1].

Наполнением георешетки служит грунт на основе песка и каменные материалы, все это перекрывается полотнищами геотекстиля (физико-механические характеристики которого должны соответствовать нагрузкам, действующим на стенку). Если местные грунты обладают хорошими дренирующими свойствами их можно использовать для заполнения ячеек георешетки. Крайние, свободные ячейки (при сдвиге ярусов), заполняются растительным грунтом, а далее высаживают траву. Проросшая трава дополнительно укрепит поверхность подпорной стены и украсит общий ландшафт.

Третье инновационное решение подпорной стенки, это конструкция из отработанных автомобильных покрышек. Эти подпорные стенки достаточно прочные и хорошо предотвращают сползание больших масс грунта по склону. По сравнению с традиционными методами возведения подпорной стенки стоимость подпорной стенки из использованных покрышек существенно ниже. Исследование эффективности таких конструкций показало, что они являются в 10 раз более дешевой альтернативой армированной грунтовой стенки и на треть дешевле, чем традиционные бетонные подпорные стенки. При устройстве таких подпорных стен используются различные варианты.

При первом варианте устройства подпорных стен покрытие собирается из автомобильных покрышек, которые ступенчато укладываются вдоль склона, а затем крепятся на вертикально установленные сваи. Покрышки, установленные на сваях, расположенные в нижних рядах одним краем внутреннего диаметра рядом с откосом, упираются в сваи, а покрышки, расположенные в верхних рядах противоположным краем внутреннего диаметра, крепятся к сваям гибкими хомутами. Промежуточные покрышки свободно насажены на сваи и скреплены между собой, а с верхними и нижними покрышками соединены посредством расположенного в их полостях заполнителя [1] (рисунок 3).



а) укрепление нижнего и верхнего откосов автомобильными покрышками;
 б) поперечное сечение покрытия – схема соединения стоек с покрышками; в) соединение покрышек хомутами;
 1 – автомобильная покрышка; 2 – анкерные сваи; 3 – хомут; 4 – булыжники; 5 – ограждение террасы

Рисунок 3. – Подпорная стенка из изношенных автомобильных шин

При втором варианте устройства подпорных стен из нескольких рядов покрышек формируют колонны. Чтобы обеспечить устойчивость конструкции, в центр колонн забиваются анкерные сваи. Затем покрышки заполняют (с трамбовкой) местным грунтом. В рядах покрышки между собой крепятся хомутами [1].

При третьем варианте устройства подпорных стен конструкцию выполняют из покрышек с одной вырезанной боковой стенкой. Грунт уплотняют в нижнем ряду (по направлению к верху), затем в этот ряд помещается прочный листовый материал, чтобы предотвратить высыпание почвы из верхнего ряда шин. Последующие ряды шин укладываются по подобию кирпичной кладки (в перевязь). Их полости также заполняются грунтом. Анкерные сваи (штыри) забиваются с внешней стороны стены для поддержки нижнего ряда покрышек и предотвращения горизонтального смещения стены. Покрышки крепятся между собой как в ряду, так и между рядами с помощью пластиковой проволоки или пропиленовых канатов. Чем тяжелей грунт заполнения, тем устойчивей будет подпорная стенка. Частота (шаг) крепления покрышек между собой определяется в зависимости от геометрических параметров подпорной стенки [1].

Четвертое инновационное решение подпорной стенки, это конструкция из металлической сетки. Такая конструкция подпорной стенки включает в себя металлические трубы, закопанные в землю и наклоненные в сторону укрепляемого склона, к которым присоединена прочная металлическая сетка с антикоррозийным покрытием при помощи проволоки. Между сеткой и удерживаемым грунтом засыпается гравий, фракционность которого должна быть больше, чем размер у ячейки сетки (рисунок 4).



Рисунок 4. – Пример подпорной стены из металлической сетки

В случае, когда наблюдаются следующие факторы: сложное геологическое строение грунтов; высокий уровень грунтовых вод; низкие прочностные и деформационные характеристики грунтов; плотная городская застройка, необходимо выполнить ограждение котлована. Те условия, которые приведены выше препятствуют проведению работ по устройству котлована традиционными методами и зачастую делают это невозможным. В таких случаях применяются специальные методы возведения ограждающих конструкций котлована. Чаще всего используются ограждающие конструкции из шпунта, а при глубинах котлована 6-7 м и ниже – ограждения, выполненные методом «стена в грунте».

Ограждения котлованов из шпунта применяют в слабых водонасыщенных грунтах и при высоком уровне подземных вод. Шпунт воспринимает не только давление грунта, но и гидростатическое давление грунтовых вод. У шпунтовых элементов как правило большая жесткость и они могут воспринимать большие изгибающие моменты от давления грунта. На сегодняшний день большое распространение получили шпунтовые ограждения типа «Ларсен». Наиболее часто используют стальной шпунт для устройства ограждения котлована. Однако в современном строительстве все чаще находят применение шпунты ПВХ.

Вообще шпунт из ПВХ для Беларуси абсолютно новое направление. Если шпунт типа «Ларсен» из стали довольно давно применяется в нашей стране, то шпунты из ПВХ считаются инновацией, и в будущем могут во многом заменить шпунты из стали и удешевить устройство ограждения котлована, так как для их погружения можно использовать более легкое и дешевое монтажное оборудование, например, малогабаритные ручные вибромолоты. Еще один плюс шпунтов, изготовленных из ПВХ положительное влияние на экологию, так как их можно производить из пластика вторичного использования. Данный вариант производства выгоден для экологии тем, что при переработке использованного пластика уменьшается загрязнение экосистемы; переработка использованного пластика помогает снизить использование природных ресурсов; переработка пластика помогает снизить потребление ископаемого топлива.

Шпунты из ПВХ имеют такое же, как и у стальных шпунтов поперечное сечение: U-образного и Z-образного профиля, но обладают следующими преимуществами перед традиционными стальными шпунтовыми сваями. К преимуществам относят: небольшой вес шпунтовых свай, который обеспечивает простоту и легкость при транспортировке и монтаже; они устойчивы к агрессивной среде, биологической коррозии, ультрафиолетовому излучению, данные факторы обеспечивает исключительную долговечность и экономию на антикоррозионных мероприятиях; такие шпунтовые сваи имеют эстетичный внешний вид, есть возможность выбора любого цветового решения; низкий, по сравнению с металлом, коэффициент трения с грунтом и в замковых соединениях, позволяет сократить время погружения свай; угловой соединительный элемент и более свободный замок позволяют формировать любые изгибы шпунтовой линии. В состав материала пластиковых шпунтовых свай введен диоксид титана, который обеспечивает стойкость к воздействию ультрафиолетового излучения, старению и выгоранию от солнечных лучей [2].

Мембранные стены (Стены в грунте, Миланская стена, Шламовые стены) представляют собой линейные конструкции, которые используются с целью укрепления глубоких котлованов. Эти конструкции чаще всего используются в качестве конструктивных стен. Изначально конструкция выступает в качестве опорной стены во время строительства, затем она становится частью подвальных стен. Мембранные стены (рисунок 5) создаются в следующей последовательности: вначале производят выемку грунта из траншеи с использованием соответствующих механизмов, далее заполняют траншею подходящим материалом (обычно бетоном). Мембранные стены часто используются в качестве герметизирующих конструкций – тогда применяющийся наполнитель является самоуплотняющейся суспензией. Эта суспензия довольно прочная и в первую очередь выполняет водонепроницаемую функцию. Для улучшения водонепроницаемости мембранных стен в некоторых случаях необходимо применять пластиковую пленку.



Рисунок 5. – Мембранные стены

По назначению мембранные стены (стены в грунте) можно подразделить на конструкционные, герметизирующие, укрепляющие. По технологии производства мембранные стены (стены в грунте) подразделяются на монолитные и сборные [3].

Заключение. По результатам изучения материала было выявлено, что в современном строительстве существует множество различных решений, как традиционных, так и инновационных, которые можно применять для устройства конструкций подпорных стен и ограждения котлованов. Разнообразие выбора конструкций подпорных стен и ограждений котлована позволяет при проектировании выбрать наиболее подходящее решение с экономической и конструктивной точек зрения, которое также будет соответствовать рельефу строительной площадки (участка), типу грунта и прочим факторам (нагрузка, эстетичность, экологичность и др.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Специальные варианты подпорных стенок — Текст : электронный // Подпорные стенки : [электронный ресурс]. — <https://gabicom.ru/gabioni/specialnie-varianti-podpornih-stenok/> (27.10.2023).
2. Описание ООО “Электромакс” — Текст : электронный // «Электромакс»: [электронный ресурс]. — <http://electromax.by/produkcziya/shpunt-pvh/opisanie/> (27.10.2023).
3. Ограждение котлованов. Проект — Текст : электронный // Ограждения котлованов: [электронный ресурс]. — <https://www.finesoftware.ru/geotekhnicheskikh-raschetov/ograzhdeniya-kotlovanov-proekt/> (27.10.2023).