

**ШАЛКАРОВ А.А. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт)**

**ШАЛКАР К.А. – инженер (г. Алматы, Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт)**

## **УСИЛЕНИЕ ПОДХОДНОЙ НАСЫПИ К ИСКУССТВЕННЫМ СООРУЖЕНИЯМ С УСТРОЙСТВОМ СВАЙНОГО ОСНОВАНИЯ С ГИБКИМ РОСТВЕРКОМ**

### **Аннотация**

*В работе рассмотрены различные виды геосинтетических материалов, применяемых для усиления основания насыпи на слабых грунтах и принципы усиления подходной насыпи к искусственным сооружениям с применением свайной технологии.*

**Ключевые слова:** геосинтетические материалы, усиление, основания, сваи, насыпь, гибкий ростверк.

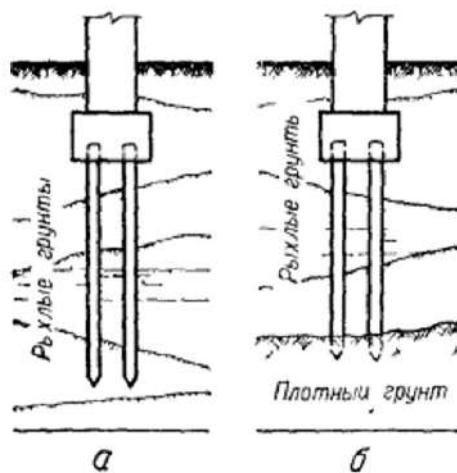
Использование волокнистых материалов, а именно – **геосинтетиков**, для укрепления грунтовых оснований в настоящее время стало популярным. Этому способствует их большое разнообразие, простота и эффективность технологии. Существует несколько разновидностей геосинтетических материалов, применяемых с целью армирования грунтовых оснований: **геотекстиль**, **геосетка**, **георешетка**, **геоматрица**.

В зависимости от способа изготовления и, как следствие, итоговых технических характеристик различают **геотекстиль** тканый и нетканый. **Нетканый геотекстиль** представляет собой плоскую структуру, которая состоит из синтетических волокон, скрепленных между собой механическим методом. Такой материал не гниет, через него не прорастают корни растений, а структура обеспечивает хорошие прочностные и фильтрующие свойства. Нетканые материалы исторически были первым типом геосинтетиков, которые выпускались текстильной промышленностью. До сих пор эти материалы продолжают использоваться во всем мире при различных геотехнических работах. Разделение, армирование, фильтрация, дренаж, а также их сочетание – основные функции геотекстиля. **Тканый геотекстиль** – плоская и системная структура, сотканная из нескольких рядов синтетических лент, которые позволяют получить системные малоразмерные переплетения. Такой материал прочен во всех направлениях, морозостоек. При укладке в земляное сооружение тканый геотекстиль образует сложную конструкцию, в которой действует как арматура. **Геосетка** – сетчатая плоская структура, образованная двумя перекрывающимися рядами волокон толщиной от 3 до 15 мм, крест-накрест под углом 60° и 90°, последующим свариванием в точках контакта, когда полимер находится еще в полужидком состоянии. Геосетки получают экструзионным методом из термопластических полимеров, их также часто используют в комбинации с геотекстилем и с геомембранными. Основные функции – фильтрационная и дренажная. **Георешетка** – это сотовая конструкция из полиэтиленовых лент, которые соединены между собой со сварными швами, отличающимися высокой прочностью, и имеют шахматную форму расположения. Они используются, прежде всего, для армирования грунтовых оснований с целью укрепления, учитывая их особое строение, когда зажатый между ячейками георешетки грунт не может перемещаться от действующих нагрузок и все растягивающие напряжения передаются на георешетку. **Геоматрицы** – новинка на отечественном рынке, еще не получившая широкой известности в других странах. Конструктивно геоматрицы представляют собой короб без верхней крышки, к стенкам которого прикреплены геотекстильные ленты. Пересекаясь, они образуют внутри короба прямоугольные ячейки [1].

Усиление массива грунта может быть также осуществлено при помощи свай. С этой целью используются различные типы свай. Конструкции свай, применяемых для усиления грунтов, и технологии их устройства постоянно совершенствуются. Усиление сваями является одним из наиболее простых с технологической точки зрения способов и позволяет обеспечить значительную экономию материалов по сравнению с полной выемкой слабых грунтов и заменой их на более прочные. В общем случае технология усиления массива грунта сваями заключается в устройстве скважин, образованных в результате принудительного вытеснения грунта, и заполнении их бетонной смесью, крупнообломочным грунтом или песком. В зависимости от способа устройства и конструкции сваи могут играть роль несущих элементов, воспринимающих нагрузки от сооружения, или применяться для уплотнения и улучшения строительных свойств слабых водонасыщенных грунтов [2-4].

Для погружения элементов применяют различное сваебойное оборудование, навешиваемое на сухопутные и плавучие копры или краны (дизель и вибромолоты, вибропогружатели различных типов). В основании насыпи земляного полотна автомобильных дорог также применяется способ вдавливания в грунт полых свай под статической нагрузкой, который обеспечивает высокое качество работ при минимальных затратах. При забивке сваи любым молотом в целях сохранения ее оголовка применяют специальный сварной или литой наголовник, соответствующий поперечному сечению сваи, в который закладывают амортизирующий вкладыш из прочной и вязкой древесины (дуба, вяза). Погружение свай способом ввинчивания применяется, если в основании находится мощный слой слабых глинистых грунтов с малой несущей способностью или плотный гравелистый грунт и погружение обычных свай затруднительно.

Свайные основания применяются при слабых грунтах или значительных нагрузках на подошву фундамента. Сваи либо уплотняют слой слабого грунта, либо передают нагрузку от здания более плотному грунту (материку), расположенному ниже слоя слабого грунта. В первом случае роль свай состоит в передаче нагрузки от веса сооружения на грунты основания главным образом за счет трения грунта о боковую поверхность сваи. Такие сваи относятся к безматериковым, или висячим (рисунок 1, а). Во втором случае концы свай входят в толщу ниже расположенного плотного грунта. Такие сваи относятся к материиковым, или стоечным (рисунок 1, б).



а – висячие; б – стоечные.

Рисунок 1 – Свайные основания

Основания из свай-стоеч применяются тогда, когда на глубине от подошвы фундамента, не превышающей длину свай, применяемых на практике, залегает слой грунта, достаточно прочный и мощный, чтобы передать на него всю нагрузку от веса сооружения. Согласно указаниям норм, таким слоем (пластом) может служить скальный, крупнообломочный грунт или глина.

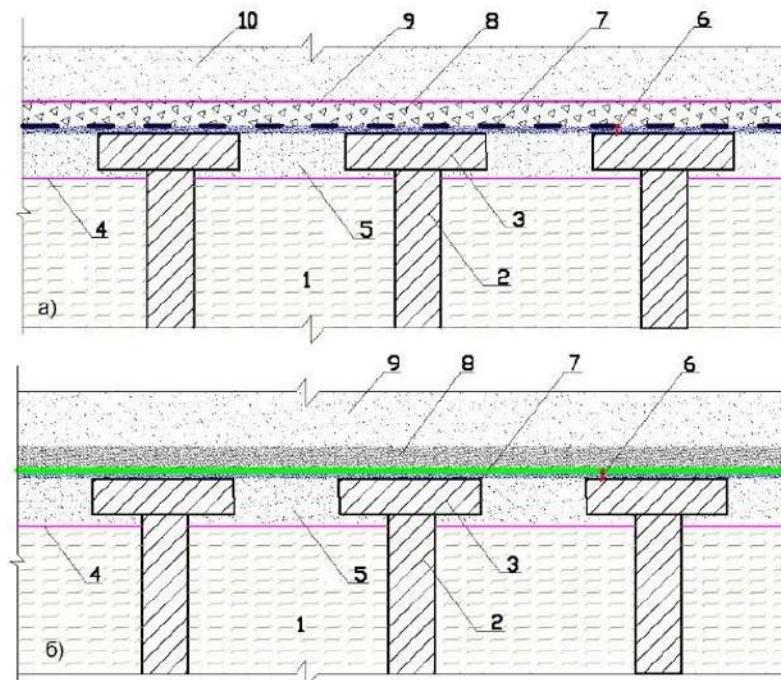
Основания из висячих свай применяются в тех случаях, когда слой прочного грунта, способного воспринять нагрузку от веса сооружения, залегает на глубине, при которой применение свай-стоеч невозможно или нецелесообразно. Висячие сваи передают вертикальную нагрузку на грунты основания главным образом сопротивлением грунта на боковой поверхности свай.

По роду материалов сваи бывают железобетонные, бетонные и в редких случаях металлические.

Железобетонные сваи в качестве свайного основания применяются независимо от уровня грунтовых вод.

По форме в плане железобетонные сваи бывают квадратного и многоугольного сечения. Они изготавляются из бетона класса не ниже В15 с продольной рабочей арматурой и поперечной арматурой в виде хомутов или спирали. Площадь продольной арматуры назначается по величине изгибающего момента, возникающего в свае при ее подъеме и транспортировании. Число и диаметр стержней арматуры, в зависимости от длины сваи.

Гибкий ростверк устраивается при использовании всех видов свай [5]. Он может состоять из одного, двух или трех слоев тканого геотекстиля (геополотна) с прочностью на разрыв более 50 кН/м, с песчаной засыпкой, или георешетки (геосетки) со щебнем (рисунок 2).



а) 1 - слабое основание 2 - свая; 3 - оголовок сваи; 4 - геотекстиль под рабочую платформу; 5 - грунт межсвайной засыпки; 6 - защитный слой для геоматериала из песка; 7 - геополотно; 8 - уплотненная песчаная засыпка геополотна; 9 - грунт земляного полотна; 10 - грунт земляного полотна;

б) 1-6 (см. а); 7 - георешетка (геосетка); 8 - щебеночное заполнение; 9 - разделяющий слой из геотекстиля; 10 - грунт земляного полотна.

Рисунок 2 – Фрагменты конструкций гибких ростверков на свайном фундаменте

Количество слоев и толщина засыпки определяются геотехническими расчетами.

При использовании геополотна в качестве армирующего элемента, края с обеих сторон загибаются внутрь насыпи вдоль откосов не менее чем на 3,0 м. Загиб краев геополотна обеспечивает натяжение и анкеровку слоя, увеличивает устойчивость откосов. При применении георешеток с заполнением их щебнем, слой укладывается без загибов.

В случае, если выполнены специальные конструктивные мероприятия, приведенные на рисунке 3, устройство загиба по откосам не требуется. Данные мероприятия используются для предварительного натяжения, уложенного геополотна и включения его в работу без ожидания уплотнения нижележащих слоев.

При использовании свай круглого сечения конструкция гибкого ростверка не изменяется. Основные элементы и их расположение такие же, как и при применении железобетонных свай с оголовками.

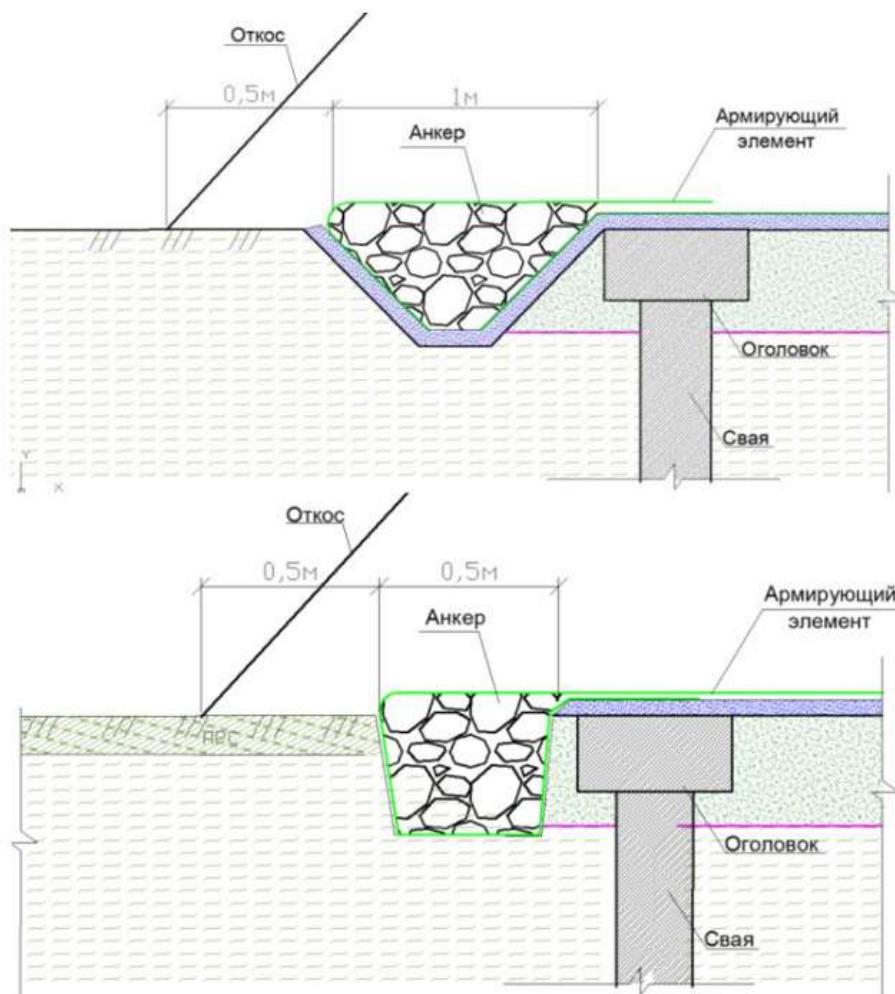


Рисунок 3 – Схемы конструктивных решений по анкеровке армирующего элемента

Примером данного подхода является технология строительства безосадочной насыпи на слабых грунтах с применением забивных свай. В результате ее применения благодаря использованию различных типов свай обеспечивается устойчивость насыпей на слабых грунтах и исключается деформация дорожного покрытия в эксплуатационный период.

Непосредственно после отсыпки насыпи возможно устройство капитального

покрытия. При этом наблюдается незначительная осадка насыпи в пределах нормативных значений [6].

Существует широкий спектр свай, используемых для усиления основания насыпи: забивные призматические сваи, буровые сваи, песчаные сваи, щебеночные сваи (рисунок 4). Данная методика является наиболее рациональным вариантом в условиях специфических грунтовых условий проектируемого путепровода, с учетом возможности подтопления в период половодья.

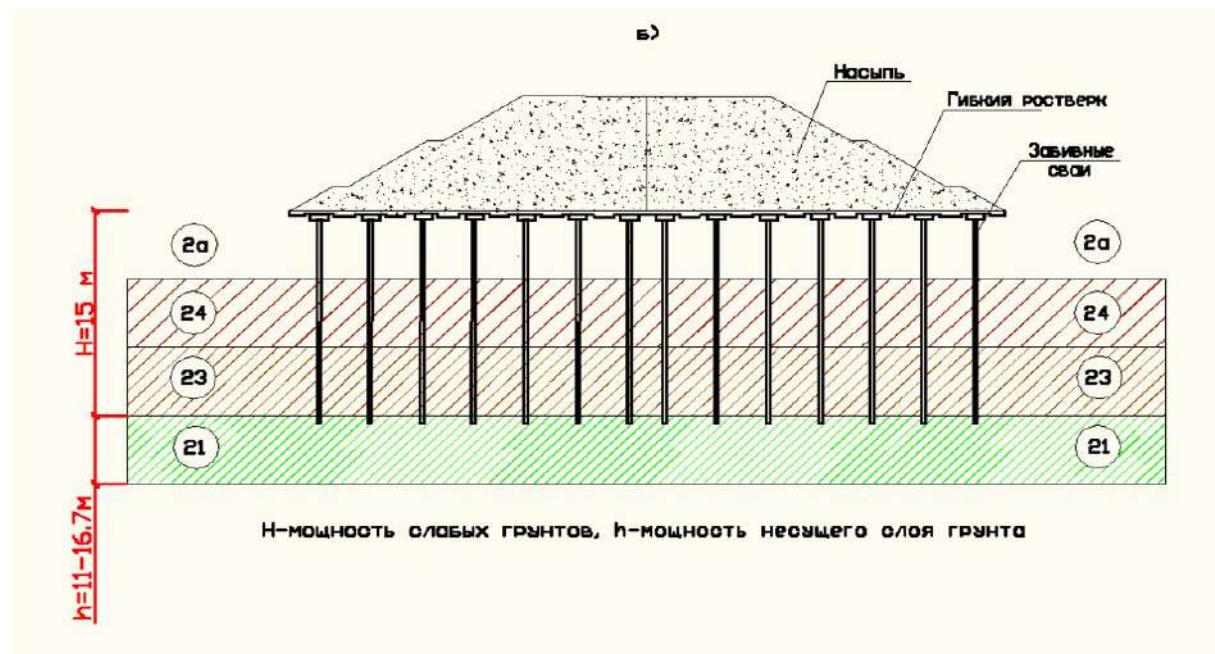


Рисунок 4 – Метод устройства свайного основания

### Литература

1. Мащенко А.В., Пономарев А.Б. Анализ изменения прочностных и деформационных свойств грунта, армированного геосинтетическими материалами при разной степени водонасыщения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2014. – № 4. – С. 264-273.
2. Методы подготовки и устройства искусственных оснований: учебное пособие / Р.А. Мангушев, Р.А. Усманов, С.В. Ланько, В.В. Конюшков. – М.; СПб.: Изд-во АСВ, 2012. – 266 с.
3. Абелев М.Ю. Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах. – М.: Стройиздат, 1983. – 247 с.
4. Construction Processes. State of the Art Report / J. Chu, S. Varaksin, U. Klotz, P. Mengé // Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Conference on Soil Mechanics & Geotechnical Engineering. – Alexandria, Egypt, 2009. – P. 14-28.
5. ОДМ 218.3.1.002-2020 Типовые технические решения для насыпей на свайных фундаментах с гибким ростверком из геосинтетических материалов.
6. Евтуков С.А., Медрес Е.П. Строительство дорожных насыпей на слабых грунтах: подходы и методы // Наука и транспорт. Транспортное строительство. – 2012. – № 4. – С. 31-33.

### References

1. Mashchenko A.V., Ponomarev A.B. Analysis of changes in strength and deformation properties of soil reinforced with geosynthetic materials at different degrees of water saturation // Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Construction and architecture. – 2014. – No. 4. – pp. 264-273.
2. Methods of preparation and device of artificial bases: textbook / R.A. Mangushev, R.A. Usmanov, S.V. Lanko, V.V. Konyushkov. – M.; St. Petersburg.: Publishing House of the DIA, 2012. – 266 p.
3. Abelev M.Yu. Construction of industrial and civil structures on weak water-saturated soils. – M.: Stroyizdat, 1983. – 247 p.
4. Construction Processes. State of the Art Report / J. Chu, S. Varaksin, U. Klotz, P. Mengé // Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics & Geotechnical Engineering. – Alexandria, Egypt, 2009. – P. 14-28.
5. ODM 218.3.1.002-2020 Standard technical solutions for embankments on pile foundations with a flexible raft of geosynthetic materials.
6. Yevtyukov S.A., Medres E.P. Construction of road embankments on weak soils: approaches and methods // Science and Transport. Transport construction. – 2012. – No. 4. – pp. 31-33.

**ШАЛҚАРОВ А.А. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты)**

**ШАЛҚАР Қ.А. – инженер (Алматы қ., Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты)**

## ЖАСАНДЫ ҚҰРЫЛЫСТАРҒА КИРЕБЕРИС ҮЙІНДІНІ КУШЕЙТУ ИКЕМДІ ГРИЛЬЯЖ БАР ҚАДА НЕГІЗ ҚҰРЫЛҒЫСЫМЕН

### Аңдатта

Жұмыста әлсіз топырақтардагы үйінди негізін күшету үшін қолданылатын геосинтетикалық материалдардың әр түрлі түрлері және қадалық технологияны қолдана отырып, жасанды құрылыштарға жақындау үйіндісін күшету принциптері қарастырылған.

**Түйінди сөздер:** геосинтетикалық материалдар, күшету, негіздер, қадалар, корғандар, икемді гриль.

**SHALKAROV A.A. – d.t.s., professor (Almaty, Kazakhstan highway research institute)**

**SHALKAR K.A. – engineer (Almaty, Kazakhstan highway research institute)**

## STRENGTHENING OF THE APPROACH EMBANKMENT TO ARTIFICIAL STRUCTURES WITH A PILE FOUNDATION WITH A FLEXIBLE GRILLAGE

### Abstract

The paper considers various types of geosynthetic materials used to strengthen the foundation of the embankment on weak soils and the principles of strengthening the approach embankment to artificial structures using pile technology.