

М.ДУБРОВСКИЙ, Г.МЕЛЬЦОВ, Одесский национальный морской университет

Р. ПЕРЕЙРАС-ПАПОВА, Администрация морских портов Украины

А. ЖУСУПБЕКОВ, Евроазиатский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Казахстан

УДК 624.96

НЕКОТОРЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ БЕРЕГОВОГО И ШЕЛЬФОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Ключевые слова: несущая способность, трансформация свай-оболочки из полутруб, трубчатые сваи с сердечником.

У доповіді розглянуті нові рішення, що забезпечують створення довгих пальових опор високої несучої здатності для підстав глибоководних морських споруд. Одне з рішень спрямоване на удосконалення занурення трубчастих паль, що дозволяє досягти проектної глибини занурення без використання дорогого потужного палебійного обладнання. Це рішення розглядає палю-оболонку, утворену двома напівтруби, з'єднаними замковими з'єднаннями (аналогічно шпунтовим сваям). Почергове занурення таких напівтруби дозволяє уникнути формування ґрунтової пробки, а також спростити (прискорити) занурення палі. Аналогічний ефект може бути досягнутий почерговим і покрововим зануренням співвісних паль, що складаються з зовнішньої трубчастої палі і внутрішньої палі-сердечника. У статті також описується анкерна палля, яка може застосовуватися в берегозащите, портовому і шельфовому будівництві (пірси і набережні, анкерівка підірних стін, захисні споруди, деякі енергогенеруючі пристрої для трансформації енергії хвиль і течій). Висока несуча здатність і простота монтажу палі розглянутій конструкції забезпечуються можливістю її трансформації після занурення палі. Незважаючи на високу несучу здатність, пристрій щодо легко, може встановлюватися і демонтуватися з мінімумом механізмів, із мінімальним впливом на навколишнє середовище.

В докладе рассмотрены новые решения, обеспечивающие создание длинных свайных опор высокой несущей способности для оснований глубоководных морских сооружений. Одно из решений направлено на совершенствование погружения трубчатых свай, что позволяет достичь проектной глубины погружения без использования дорогостоящего мощного сваебойного оборудо-

вания. Это решение рассматривает сваю-оболочку, образованную двумя полутрубами, соединенными замковыми соединениями (аналогично шпунтовым сваям). Поочередное погружение таких полутруб позволяет избежать формирования ґрунтовой пробки, а также упростить (ускорить) погружение сваи. Аналогичный эффект может быть достигнут поочередным и пошаговым погружением соосных свай, состоящих из внешней трубчатой сваи и внутренней сваи-сердечника. В статье также описывается анкерная свая, которая может применяться в берегозащите, портовом и шельфовом строительстве (пирсы и набережные, анкерівка підірних стін, оградительные сооружения, некоторые энергогенерирующие устройства для трансформации энергии волн и течений). Высокая несущая способность и простота монтажа сваи рассматриваемой конструкции обеспечиваются возможностью ее трансформации после погружения сваи. Несмотря на высокую несущую способность, устройство относительно лёгкое, может устанавливаться и демонтироваться с минимумом механизмов, оказывает минимальное влияние на окружающую среду.

The report examines the new solutions that enable the creation of long pile supports a high load-bearing capacity for the foundations of deep-sea structures. One solution is aimed at improving the immersion pipe piles, which allows for the design depth without the use of expensive powerful pile-driving equipment. This decision considers the pile-shell formed by two half-tube connected interlocks (similar tongue and groove piles). Alternating immersion of halfpipe avoids the formation of ground cork, and simplify (speed) up the immersion piles. A similar effect can be achieved by alternately dipping and stepper coaxial piles consisting of outer and inner tubular pile, the pile core. The article also describes

the anchor pile, which can be used in beregozaschite, port and offshore construction (piers and quays, anchoring retaining walls, fencing structures, some of the power generating device for transforming the energy of waves and currents). High loading capacity and ease of installation of piles considered design allows its transformation of the pile after a dive. Despite the high load-bearing capacity, the device is relatively light, can be installed and dismantled with a minimum of mechanisms has a minimal impact on the environment.

1 ВВЕДЕНИЕ

Свайные основания глубоководных морских сооружений должны иметь в своем составе длинные свайные опоры высокой несущей способности (обычно их выполняют в виде стальных трубчатых свай большого диаметра). Рассмотрим несколько способов обеспечения погружения длинных свай до проектной глубины и их эксплуатации как путем предотвращения образования грунтовой пробки в нижнем конце сваи, так и повышением несущей способности свай.

2 РЕШЕНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГРУНТОВОЙ ПРОБКИ

2.1 Метод «полутруб»

Образование грунтовой пробки при погружении трубчатой сваи может быть предотвращено разделением сваи-оболочки на две полутрубы «1», соединенных замками «2» (аналогично замковым соединениям шпунтовых свай), как показано на рис. 1 [1]. Замковые соединения выполняют параллельно продольной оси трубчатой сваи. Такое решение обеспечивает возможность передачи нагрузки от сваебойного оборудования как на полное кольцевое поперечное сечение сваи-оболочки, так и поочередно на полукольцевые поперечные сечения каждой полутрубы. В последнем случае

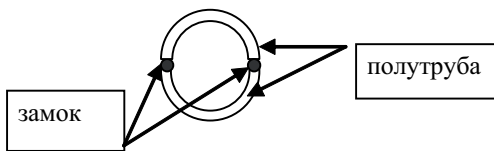


Рис.1. Поперечное сечение полутруб.

благодаря погружению. Полутрубы с открытым сечением образования грунтовой пробки не происходит.

Погружение сваи осуществляют следующим образом. На начальном этапе обе полутрубы «1» погружают одновременно (как одну сплошную трубу) пока сопротивление грунта погружению остается невысоким, т.е. до достижения отказа (рис. 2а, б; этап 1). Затем полутрубы погружают поочередно; на рис. 2с показано погружение только левой полутрубы на этапе 2, тогда как на рис. 2д представлено погружение другой полутрубы (этап 3). Этапы 2 и 3 повторяют пока свая не достигнет проектной глубины погружения. На заключительном этапе (рис.

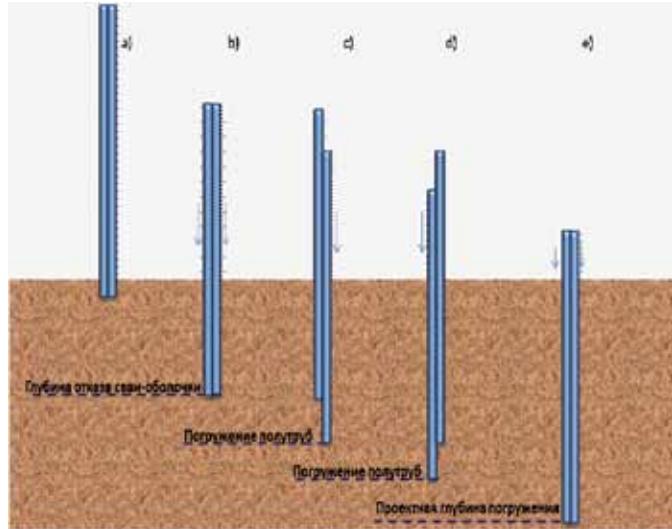


Рис.2. Этапы погружения полутруб.

2е) обе полутрубы «1» при необходимости опять погружают одновременно. Таким образом, благодаря погружению на каждом промежуточном только полутруб, свая-оболочка с открытым нижним концом может быть сооружена без образования грунтовой пробки.

По достижению проектной глубины погружения обе полутрубы, составляющие сваю-оболочку могут быть жестко соединены (обжатием, сваркой и т.п.) в замках выше уровня грунта для обеспечения их совместной работы и требуемой несущей способности свай.

2.2 Метод «труба с сердечником»

Этот метод включает поочередное погружение трубчатой сваи «2» проектного диаметра «D» и сваи-сердечника «1» диаметром «d» (d<D) внутри пространства, ограниченного диаметром «D», как показано на рис. 3 [2].

Погружение обеих свай (вначале сваи-сердечника, затем внешней трубчатой сваи) осуществляют поочередно пошагово до достижения проектной глуби-

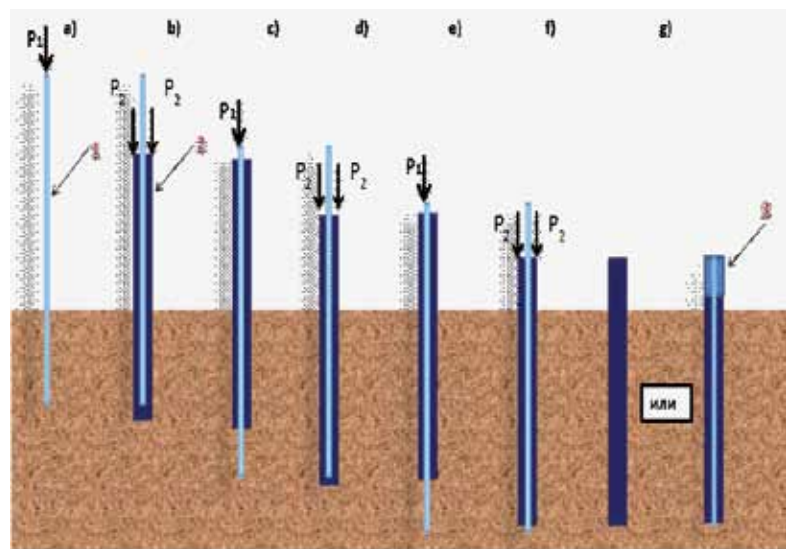


Рис.3. Поочередное погружение внутренней сваи-сердечника и внешней трубчатой сваи.

ны погружения трубчатой сваи. На первом этапе (рис. 3а, б) погружают сваю-сердечник “1”, а затем трубчатую сваю “2”.

На втором этапе (рис. 3 с, d) сваю-сердечник “1” погружают внутри трубы “2”, а за-тем трубу “2” погружают вдоль сваи-сердечника “1”. На третьем этапе повторяют операции второго этапа на новой (большей) глубине погружения.

Этот процесс продолжают на последующих этапах погружения (рис. 3 е). Количество этапов погружения зависит от заданной проектной глубины погружения, а также от возможной глубины погружений сваи-сердечника и трубчатой сваи на каждом этапе.

В результате многоэтапного процесса погружения трубчатая свая погружается без образования в ее нижнем конце грунтовой пробки. При этом также (благодаря опережающему погружению трубы относительно сваи-сердечника, начиная со второго этапа и далее) облегчается погружение сваи-сердечника. По завершении погружения трубчатой сваи на последнем этапе дополнительная свая-сердечник может быть либо извлечена, как показано на рис. 3f, либо соединена с основной трубчатой свайей посредством жесткой связи “3” для увеличения прочности трубчатой сваи и ее несущей способности, как показано на рис. 3g.

Операции по погружению могут быть осуществлены одной сваебойной машиной (молотом ударного действия, вибропогружателя или сваевдавляющим оборудованием) с использованием специального переходника как для внешней трубчатой сваи, так и для внутренней сваи-сердечника. В то же время, для упрощения и ускорения рассматриваемого пошагового процесса погружения могут быть одновременно применены две машины. Так, одна машина (например, сваевдавляющий агрегат) погружает внешнюю трубчатую сваю, а другая (молот ударного действия или вибропогружатель) работает с внутренней сваей-сердечником.

В общем случае рассматренный подход может быть применен для нескольких соосных трубчатых свай, образуя в итоге нужную сваю-оболочку большого диаметра. Здесь каждая труба, которая играла роль внешней трубы по отношению к внутреннему сердечнику, в свою очередь используется как сердечник относительно другой внешней трубы большого диаметра.

3 АНКЕРНАЯ СВАЯ GREENSTICK.

Анкерная свая Greenstick [3] - новая запатентованная концепция позволяющая избежать ряда основных недостатков известных способов анкеровки на воде. В частности, плуговые и грибовидного типа якоря разрушают морское дно, имеют невысокую точность установки. При завинчивании же предлагаемого устройства в дно разрушающее воздействие значительно снижается. Анкеровка может выполняться традиционной винтовой или забивной свайей с вертикальным погружением, в то время как для случая, когда конструкции необходимы наклонные сваи, должны использо-

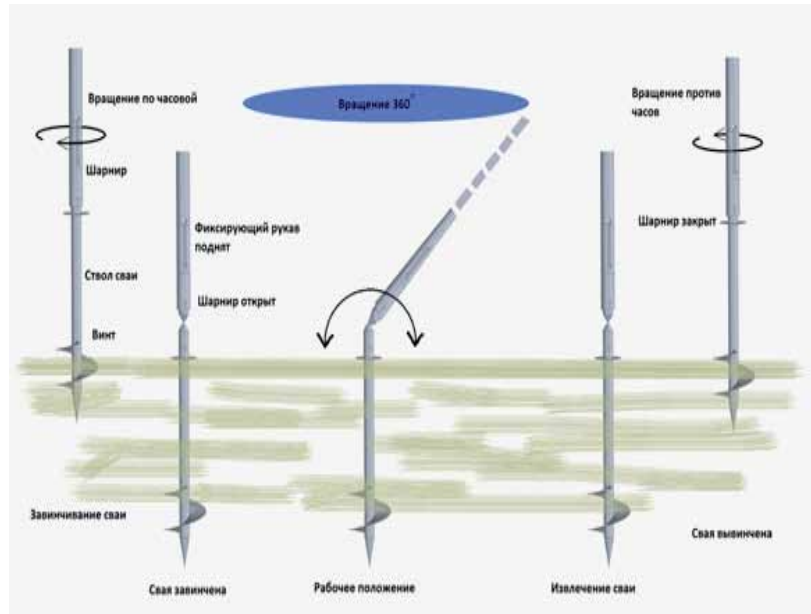


Рис.4. Работа анкерной сваи Greenstick.

ваться дорогостоящие механизмы и угол погружения свай ограничен. Особенностью сваи Greenstick является наличие шарнира вращения на 360°, который, будучи включённым после вертикального погружения сваи, позволяет использовать сваю для широкого спектра назначений.

На рис. 4 показано устройство, состоящее из винтовой части, погруженной в грунт и обеспечивающей держащую силу сваи, 360° шарнира который позволяет наклонить верхний участок сваи, соединяющийся с анкеруемым объектом, на любой, вплоть до 90°, угол.

Верхний участок сваи может вращаться вокруг шарнира и взаимодействовать с нижней частью сваи, создавая единую длинную сваю, позволяя её завинтить и (или) выкрутить.

К патенту также относится метод погружения анкерного устройства на воде.

3.1 Общее устройство

Устройством является свая, предназначенная для погружения на воде (рис.4). Верхняя часть сваи предназначена для соединения с анкеруемым объектом. Шарнир запроектирован для соединения нижней и верхней частей свай и позволяет вращение верхней части относительно погружённой части сваи. Шарнир может включать замок фиксирующий его положение.

Возможно использование различного типа свай, например, завинчиваемых, забивных, самозасасывающихся и т.д. Возможно использование крыльев (рис.5), повышающих отпорность грунта при работе сваи на горизонтальную нагрузку, а также перпендикулярной оси сваи плиты для анкеровки больверков и стен.

3.1.1 Свая

Свая может включать:

- верхнюю часть, соединяемую с анкеруемым объектом под требуемым углом;
- винтовую или самозасасывающуюся часть, или иметь обычное сечение и быть изготовленной из традиционного материала;



Рис.5. Анкерная свая Greenstick с крыльями: перед (слева) и после (справа) погружения.

- крылья и/или пластину/плиту для анкеровки в ґрунте;
- пластину для фиксации шарнира над дном при погружении сваи на проектную отметку.

3.1.2 Шарнир

Шарнир позволяет верхней части сваи быть повернутой на требуемый проектный угол. Шарнир, зафиксированный перед погружением, позволяет погрузить сваю вертикально, как единое целое. После погружения шарнир может быть приведен в рабочее положение с поверхности воды для перевода верхней части в проектное положение. Для спектра конструкций Greenstick запроектированы 4 типа шарниров.

3.2 Направления использования анкерной сваи Greenstick

Конструкция анкерной сваи может варьироваться при использовании в различных видах конструкций. Благодаря таким свойствам анкерной сваи, как простота монтажа, возможность её повторного использования, высокая анкерующая способность, возможность вращения сваи на уровне дна и пр., появляется возможность создавать новые варианты конструкции. Устройство может использоваться для якорения судов, шельфовых объектов (плавучих ветроагрегатов и буровых платформ), в энерго-генерирующих устройствах, в причальных и оградительных портовых сооружениях. Возможно также его применение для создания берегозащитных сооружений, при защите от наводнений и размыва, создании карт намыва искусственных территорий.

3.2.1 Анкеровка плавучих объектов

Наиболее простое использование анкерной сваи Greenstick предполагается для удержания объектов якорения на воде. Плавучий объект может быть различной конфигурации, работать на поверхности, где

уровень воды и направление течения могут меняться во времени.

3.2.2 Анкеровка точечных причалов

Устройство может использоваться при создании точечных причалов для швартовки судов на внешней и внутренней акваториях, анкеровки шельфовых объектов. Эффективно использование на реках с сезонными колебанием уровня воды, а также в ливных морях. По сравнению с анкеровкой цепями существенно снижается радиус циркуляции, повышаются удобства погружения и демонтажа сваи, обеспечивается минимальное воздействие на дно.

3.2.3 Анкеровка энергогенерирующих устройств

На основе анкерной сваи Greenstick запатентовано 5 энергогенерирующих устройств. Совместное использование сваи с поплавками позволяет подвешивать различного вида турбины, работающие от энергии течения и волн. Благодаря шарниру и поплавкам турбина всегда находится в центре потока, где энергия максимальна при любом уровне воды, а также может поворачиваться за потоком при изменении направления течения, являясь “тренд-следящей”.

3.2.4 Строительство пирсов и плавучих платформ

При строительстве и/или реконструкции пирсов сваи могут использоваться для увеличения несущей способности причалов.

Эффективно использование сваи Greenstick для анкеровки шельфовых сооружений: плавучих ветроагрегатов, буровых установок, отбойно-швартовных палов конструкции “моносвая”. При больших глубинах якорение конструкции в уровне поверхности дна позволяет существенно снизить изгибающие моменты в анкеруемой конструкции.

Для предотвращения потери устойчивости верхней части сваи, она может быть выполнена из стеклопластика с прочностью, как у стали, но со значительно меньшим модулем упругости, позволяющим свае работать лишь на растяжение, по аналогии с анкеровой цепями.

3.2.5 Строительство оградительных и берегозащитных сооружений

Применение предложенных сваи с жёсткими панелями позволяет возводить временные и постоянные оградительные сооружения. Панели из стеклопластика обладающая прочностью стали, позволяют упростить монтаж-демонтаж и противостоять ледовой нагрузке и коррозии.

3.3. Исследования и испытания

Поведение сваи в ґрунте зависит от нагрузок, размеров элементов и характеристик ґрунта.

С целью оптимизации размеров элементов для условий работы анкерной сваи в различных конструкциях, были выполнены расчёты упруго-пластических моделей свая-ґрунт методом конечных элементов по программам Лира и Plaxis. Расчёты выполнены как для одиночной сваи-анкера так и для анкеровки фундамента шельфового ветрогенератора, оградительного сооружения, отбойного паломоносваи, больверка.

Совместная работа винта сваи и крыльев существенно увеличивает анкерующую способность сваи

на наклонные нагрузки. В больверках сочетание винтовой сваи с плитой, перпендикулярной оси сваи, даёт не только большую несущую способность, чем при традиционной анкерровке, но и увеличивает общую устойчивость сооружения.

Задачи, которые необходимо решить для практического применения анкерной сваи Greenstick:

- определение анкерующей способности для различного угла приложения нагрузки;
- определение крутящего момента для завинчивания и сил для погружения свай для различных типов грунтов и свай;
- сравнение результатов испытаний и расчётов;
- создание метода расчёта анкерной сваи Greenstick для проектирования различных конструкций.

В настоящее время, анкерная свая Greenstick проходит испытания на горизонтальную, вертикальную и наклонные нагрузки в грунтовом лотке Черноморнии проекта. Часть испытаний (рис. 5) проведена авторами совместно с университетом Hull (Великобритания).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубровський М.П., Литвиненко В.В. Спосіб занурення палі-оболонки. Патент № 85216. Міністерство освіти і науки України, Державний департамент інтелектуальної власності. 12.01.2009.
2. Дубровський М.П., Гусейнов В.А. Спосіб зведення пальової опори. Патент № 108018. Державна служба інтелектуальної власності України. 10.03.2015.
3. West D. and Meltsov G. (2013). Pile and articulated arm mooring device, UK Patent 2500322.

ABSTRACT

Yu.Slyusarenko, I.Matveev, A.Kisil, Yu.Ischenko, O.Romanov, N.Kosheleva. **The solution of geotechnical problems of reconstruction of the Postal Square in Kiev** //The world of geotechnik.- 2015.- №3.- P.4-7.

The article examines the issue of the reliability of the construction of the underground shopping mall at the Postal Square in the city. Kiev. Engineering and geological conditions of the construction site are challenging. The existing historic buildings and underground tunnels, located near the construction site, causing increased demands on their safety. For new construction and protection of existing facilities using a set of advanced methods. Design and construction is carried out in multilateral scientific support. Various methods of monitoring deformations.

M.Doubrovsky, G.Meltsov, P. Pereyras-popes, A. Zhusupbekov. **Some of the innovative design and technological solutions for onshore and offshore construction** //The world of geotechnik.- 2015.- №3.- P.8-12.

The report examines the new solutions that enable the creation of long pile supports a high load-bearing capacity for the foundations of deep-sea structures. One solution is aimed at improving the immersion pipe piles, which allows for the design depth without the use of expensive powerful pile-driving equipment. This decision considers the pile-shell formed by two half-tube connected interlocks (similar tongue and groove piles). Alternating immersion of halfpipe avoids the formation of ground cork, and simplify / speed up the immersion piles. A similar effect can be achieved by alternately dipping and stepper coaxial piles consisting of outer and inner tubular pile, the pile core. The article also describes the anchor pile, which can be used in beregozaschite, port and offshore construction (piers and quays, anchoring retaining walls, fencing structures, some of the power generating device for transforming the energy of waves and currents). High loading capacity and ease of installation of piles considered design allows its trans-formation of the pile after a dive. Despite the

ВЫВОДЫ:

1. Основными преимуществами разработанных «свайных» решений (свай-оболочки из полутруб, трубчатые сваи с сердечником) являются:
 - а) возможность достичь больших глубин погружения, когда другие (традиционные) методы этого не обеспечивают из-за влияния грунтовой пробки, а также возможность применения менее мощного сваебойного оборудования для достижения требуемой глубины погружения;
 - б) исключение вспомогательных дорогостоящих и энергоёмких методов при погружении свай (например, таких как разбуривание, размыв и т.п.);
 - в) экономия энергии (топлива) вследствие эффективного использования менее мощного сваебойного оборудования, что также уменьшает нагрузку на окружающую среду.
2. Предложенная анкерная свая Greenstick обладает высокой анкерующей способностью, компактна, снижает воздействие на окружающую среду, легче и проще в установке, транспортировке и хранении по сравнению с традиционными. Может использоваться в различных конструкциях на различных глубинах и грунтах в портовом и шельфовом строительстве.

high load-bearing capacity, the device is relatively light, can be installed and dismantled with a minimum of mechanisms has a minimal impact on the environment.

E. Kilvander, K. Silchenko, V.Sharikov, Yu.Kalyuh, V.Shokarev, V.Klimenko. V.Berchun **The device is the deep pit of 18-storey building in a crowded urban areas of Yalta on the landslide area under seismic loads 8 points** //The world of geotechnik.- 2015.- №3.- P.13-16.

The technical solutions for arrangement of deep pit in landslide territory in site for construction of 18-th storey building in Crimea are considered in paper. The construction complexity is conditioned by presence of landslide danger, water-bearing formation, 8 point seismicity, deep cutting for pit, constraint of construction site, its adjacent to park area and access roads, necessity of two-level pit and uneven cutting of slope along building.

I. Luchkovskiy A. Samorodov **Determination of design parameters of the final elastic layer** //The world of geotechnik.- 2015.- №3.- P.17-20.

Method for a definition of parameters of a elastic finite layer for modeling influence of buildings with a ground base is proposed.

A. Yukhimenko **Technological aspects of the horizontal soil reinforcement for the foundation base by burozmishuvalnim** //The world of geotechnik.- 2015.- №3.- P.21-25.

In work we developed new innovative solutions and improve existing methods of horizontal soil reinforcement of foundations on burosmesitelnomu method. The effect of technological factors on the formation of horizontal armoelementov and the formation of the mechanical characteristics. A fragment developed routing.