



Источник фото: pixabay.com  
Photo source: pixabay.com

## ГРУНТОВЫЕ БУРОИНЪЕКЦИОННЫЕ АНКЕРЫ: СОВРЕМЕННО, ЭКОНОМИЧНО, БЕЗОПАСНО

**ВАСИН МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ**  
Обозреватель, г. Москва

### АННОТАЦИЯ

В современной геотехнической практике очень большую роль играет использование грунтовых анкеров, в том числе грунтовых буроинъекционных анкеров. Они обеспечивают безопасность строительства и эксплуатации зданий и сооружений, сокращение временных и денежных затрат на работы нулевого цикла и возможность работать в стесненных городских и сложных природных условиях, а также в удаленных районах. В статье приводится краткая информация о создании и применении таких анкерных систем (в основном на примере технологии «ТИТАН»).

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

грунтовые анкера; грунтовые буроинъекционные анкера; анкерная система; стальной несущий элемент; соединительная муфта; одноразовая буровая коронка; головная конструкция; цементный раствор.

### ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Васин М.В. Грунтовые буроинъекционные анкера: современно, экономично, безопасно // Геоинфо. 2023. № 6. С. 22–30  
doi:10.58339/2949-0677-2023-5-6-22-30

# ANCHOR PILES: MODERN, ECONOMICAL, SAFE

VASIN MIHAIL V.  
Reviewer, Moscow

## ABSTRACT

In modern geotechnical practice, the use of ground anchors, including anchor piles, plays a very important role. They ensure the safety of construction and operation of buildings and structures, reduction of time and money costs for zero-cycle work, and the possibility to work in tight urban conditions, difficult natural ones, as well as in remote areas. This paper briefly provides information on the componentry, creation and application of such kind of anchor systems (mainly by the example of the TITAN technology).

## KEYWORDS:

ground anchors; anchor piles; anchor system; steel bearing component; coupling; disposable drilling bit; head construction; cement mortar.

## FOR CITATION:

Vasin M.V. Gruntovyye buroin"ektsionnyie ankery: sovremenno, ekonomichno, bezopasno [Anchor piles: modern, economical, safe] // Geoinfo. 2023. № 6. S. 22–30 doi:10.58339/2949-0677-2023-5-6-22-30 (in Rus.).

## Введение ▶

В последнее время для укрепления подпорных стен, фундаментов зданий и сооружений, их оснований, тоннелей, других геотехнических сооружений, откосов и склонов все чаще используются щадящие технологии без сильных ударных или вибрационных воздействий, которые могут повредить окружающую застройку. К ним относится создание грунтовых анкеров – вытянутых геотехнических конструкций, передающих выдерживающие или сдвигающие усилия от здания или сооружения в грунтовый массив. Их прототипы начали применять уже с середины XVIII века [1, 2].

Первое по-настоящему серьезное применение прототипов грунтовых анкеров нашли при строительстве плотины в городе Шерфа (Алжир) в 1934 году. Тогда ее фундамент укрепили путем замоноличивания тросов несущей способностью в 10 000 кН (1000 т) в глубоких скважинах, пробуренных в скальном массиве с шагом 3–3,5 м [2].

В 1958 году компания Bauer (г. Шробенхаузен, Германия) разработала и запатентовала грунтовый инъекционный анкер для крепления ограждения глубокого котлована под здание Баварского радио в Мюнхене без устройства распорных элементов. После первого успешного внедрения таких анкеров в практику и появления высокопрочной стали их начали активно применять в Западной Европе (с конца 1950-х годов) [3]. В СССР и США их начали использовать в строительстве лишь с 1970-х годов [4].

Применение грунтовых анкеров имеет очень большое значение в современной практике строительства. Их используют для усиления фундаментов, подпорных стен, устоев мостов, кессонов, склонов и откосов, тоннелей, траншей, каналов и других геотехнических сооружений.

С помощью грунтовых анкеров можно технологично и надежно обеспечить безопасность строительства, возможность работы в стесненных условиях, сохранение свободного пространства внутри котлованов, рациональное использование подземного пространства при строительстве расположенных близко друг к другу зданий и сооружений и при этом существенно ускорить работы нулевого цикла и сэкономить большое количество средств. Поэтому разработка их эффективных конструкций и оценка их взаимодействий с грунтовыми основаниями являются актуальными темами многих исследований.

Несмотря на внешнее «изящество» таких анкерных систем, они могут иметь очень высокую несущую способность при правильно выполненных инженерных изысканиях, проектировании и строительстве, при использовании их конструкций, материалов, длины, угла наклона, шага установки и пр., оптимальных для конкретных условий [2, 5, 6].

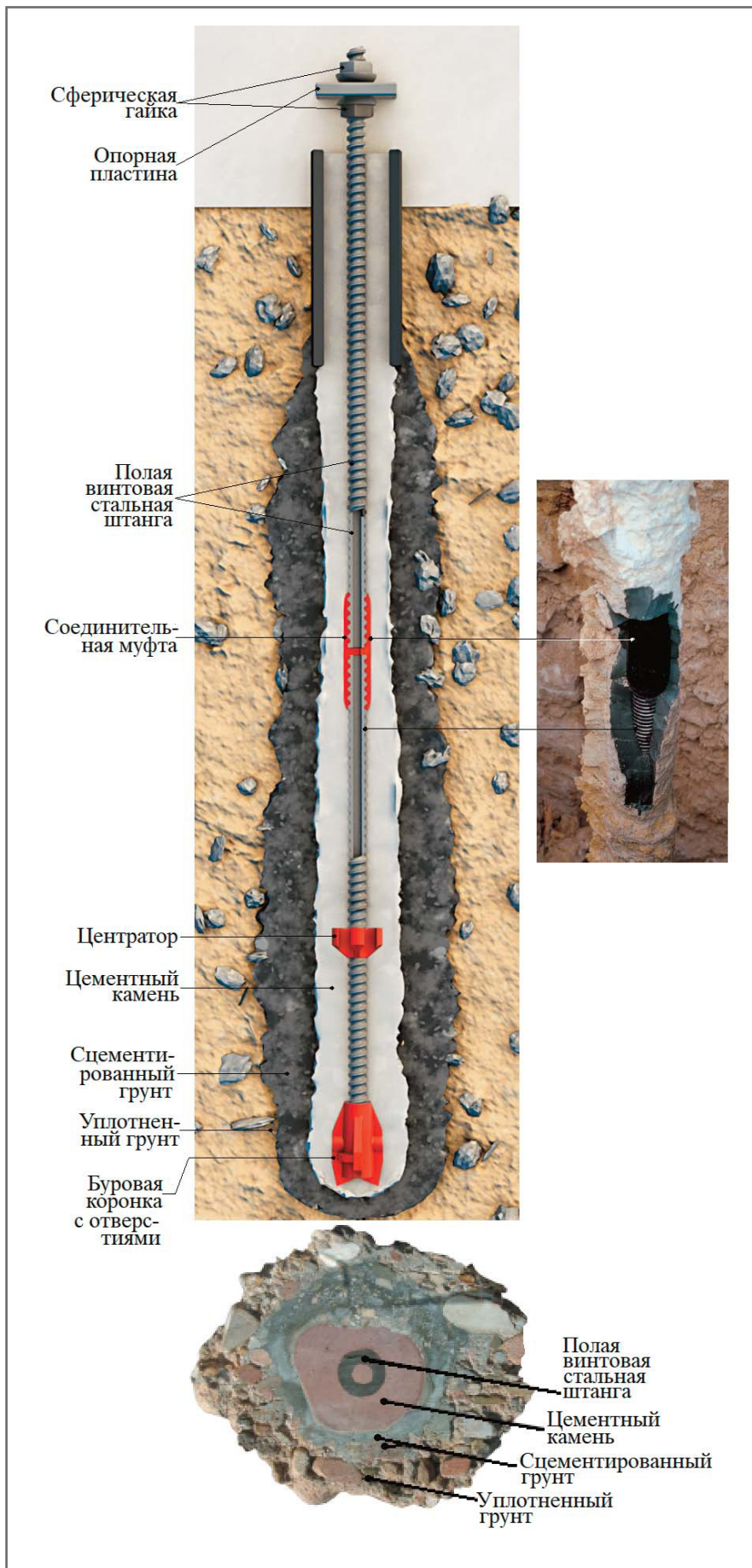
Сегодня уже доступно большое разнообразие технологий изготовления грунтовых анкеров, каждая из которых имеет свои характеристики и свою область применения. В целом их классифицируют следующим образом [2]:

по направлению тяги (вертикальные, горизонтальные, наклонные);

- по способу устройства скважин (бурением с обсадными трубами, с промывкой глинистым раствором, шнеком; с погружением обсадной трубы забивкой или вдавливанием);
- по методу заделки анкера (инъекционные с подачей цементного раствора под низким или высоким давлением в корневую часть или по всей длине, цилиндрические, с уширениями);
- по типу анкерной тяги (из стержневой или канатной (прядевой) арматуры);
- по сроку службы (временные – до 2 лет, постоянные – для всего срока службы усиливаемого здания или сооружения);
- по предварительному натяжению (предварительно напряженные и без предварительного напряжения);
- по типу связи анкерной тяги с цементной заделкой (с замоноличенной или со свободной тягой в зоне заделки).

## Грунтовые буринъекционные анкера ▶

Среди грунтовых анкеров особенно выделяются *грунтовые буринъекционные анкера*. Такая анкерная система представляет собой горизонтально, наклонно или вертикально вытянутую геотехническую конструкцию диаметром менее 350 мм, предназначенную для восприятия и передачи грунтовому основанию сдвигающих или выдерживающих нагрузок от усиливаемого строительного объекта. Она устраивается с использованием бурения и инъек-



**Рис. 1.** Устройство грунтового буринъекционного анкера типа «ТИТАН» в продольном и поперечном разрезе. *Примечание:* соединительных муфт и центраторов может быть в количестве больше одного в зависимости от требуемой длины анкера, поскольку первая штанга оснащается буровой коронкой, а последующие наращиваются в процессе бурения с помощью соединительных муфт и центраторов (по [2])

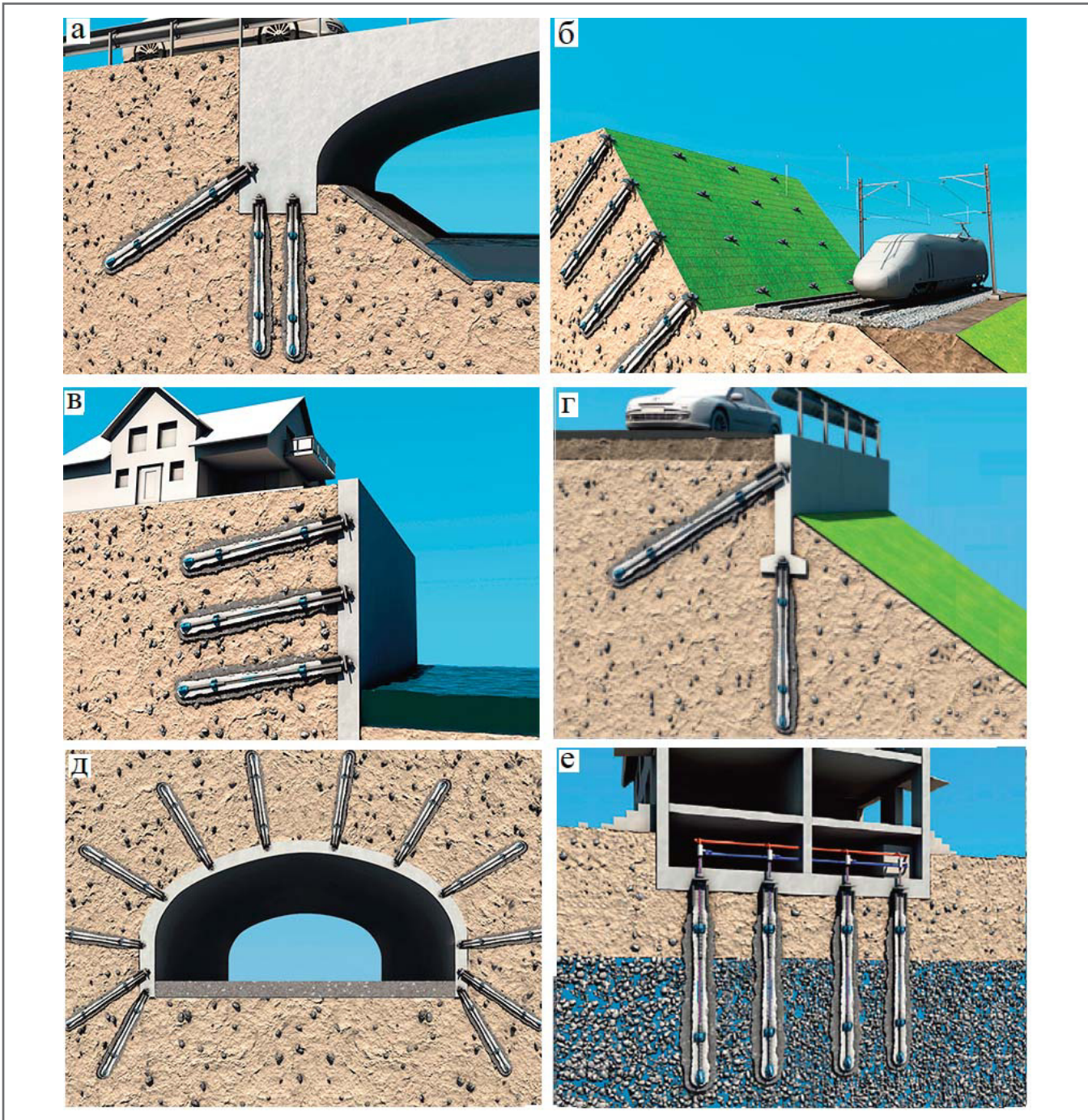
ционной цементации (рис. 1). Это железобетонная конструкция, поэтому законы физики и нормативные требования для нее аналогичны таковым для обыкновенных железобетонных конструкций. Поэтому при проектировании грунтовых буринъекционных анкеров обязательно должны учитываться взаимодействия таких разных по своим свойствам материалов, как сталь и цементный камень (или мелкозернистый бетон). Сталь передает нагрузки цементному камню, который, в свою очередь, передает ее в грунт (главным образом по боковой поверхности) [2, 8].

Грунтовые буринъекционные анкеры могут устраиваться разными способами, например:

- по разрядно-импульсной технологии, или РИТ: после заполнения скважины мелкозернистой бетонной смесью, установки электродной системы и армокаркаса смесь подвергается воздействию высоковольтных электрических разрядов там, где требуется по расчетам, в результате чего диаметр зацементированной конструкции может быть увеличен в 2–3 раза с уплотнением грунта вокруг ствола или корня анкера, причем при необходимости – с уширением в одной или нескольких требуемых зонах;
- по технологии типа «Атлант»: путем бурения (без обсадных труб, но с промывкой жидким цементным раствором) с помощью полых буровых штанг с гладкой наружной поверхностью, оставляемых в скважине в качестве армирующего элемента анкера, при этом струйная цементация может выполняться при низком или высоком давлении (в последнем случае диаметр конструкции увеличивается);
- по технологии типа «Буран»: путем бурения (без обсадных труб, но с промывкой жидким цементным раствором) с помощью полых винтовых буровых штанг, оставляемых в скважине в качестве армирующего элемента анкера, с последующим инъецированием более густого цементного раствора с забоя (для устройства анкерных свай малого диаметра, например по технологиям ТИТАН («ТИТАН»), GEWI, GEWI Plus, GEOIZOL-MP);

### Грунтовые буринъекционные анкеры типа ТИТАН («ТИТАН») ►

Одной из самых передовых, надежных, простых в использовании и эффективных технологий на сегодняшний день является устройство *стальных грунтовых буринъекционных анкеров (или нагелей, микросвай, анкерных свай*



**Рис. 2.** Примеры использования грунтовых буроинъекционных анкеров для закрепления: а – устоев мостов; б – склонов и откосов, в том числе покрытых георешетками или др.; в, г – подпорных стенок; д – сводов и стен тоннелей; е – фундаментных плит зданий и сооружений, в том числе для противодействия их гидростатическому подъему при нахождении в обводненных грунтах (по [2])

в зависимости от размера и использования) типа «ТИТАН». Она изначально была предложена немецкой компанией Ischebeck Titan, но сегодня ее применяют многие компании по всему миру (см. рис. 1). Ее используют для закрепления фундаментов зданий и сооружений, подпорных стен, устоев мостов, кессонов, тоннелей, траншей, причальных конструкций, склонов, откосов и др. (рис. 2).

Основными несущими элементами такого анкера являются бесшовные стальные винтовые трубы (штанги,

рис. 3), первая из которых оснащена одноразовой буровой коронкой, имеющей отверстия для инъектирования цементного раствора. Штанги изготовлены из мелкозернистой строительной стали S 460NH с повышенной ударной вязкостью и пределом текучести не более 600 кН/мм<sup>2</sup>. Заполнение их наружной резьбы цементным раствором при устройстве анкера в дальнейшем препятствует коррозии и проскальзыванию.

Штанги предназначены для выдерживания разных нагрузок и, соответ-

ственно, имеют разные внешний и внутренний диаметры, длину, массу, направление резьбы (правую, левую), форму резьбы (трапециевидную, круглую) и характеристики деформативности [8] (рис. 3).

Муфты для соединения штанг (рис. 4) имеют посередине встроенное кольцо из специального металла, необходимое в качестве упора и уплотнителя. Последняя штанга в собранной последовательности при необходимости может быть обрезана в зависимости от требуемой длины анкера.

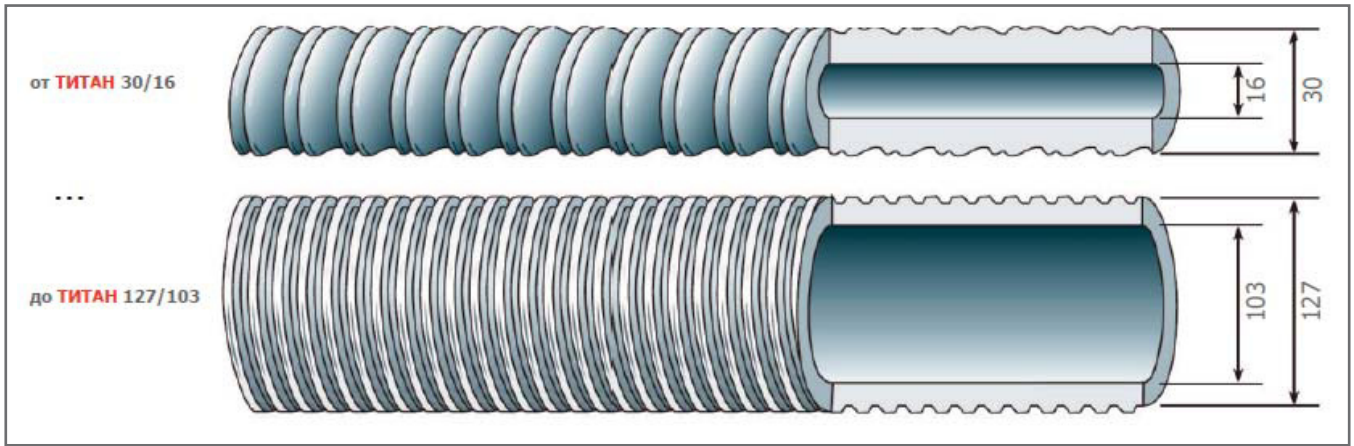


Рис. 3. Штанги «ТИТАН» с самыми малыми и самыми большими внешним и внутренним диаметрами (в названиях слева указанными до и после косой черты соответственно) [8]

Для каждого вида грунта имеются подходящие буровые коронки. Если грунт оказывается неоднородным или другим, чем ожидалось, то это, как правило, означает, что необходимо не изменение способа бурения, а только замена буровой коронки.

Центральное положение буроинъекционных штанг в скважине в процессе бурения обеспечивается с помощью центраторов, которые гарантируют определенную толщину слоя цементного камня вокруг штанги [8] (рис. 5).

Буровые коронки бывают разными и подбираются в зависимости от типа грунта, который предстоит бурить [8] (рис. 6). Если в процессе бурения попадает более твердый, чем ожидалось грунт, то есть возможность сменить буровую коронку.

В зависимости от применения анкеров имеются разные виды головных конструкций, в том числе варианты, позволяющие компенсировать угол наклона продольной оси анкера (рис. 7, 8). Различные головные конструкции дают возможность простого и быстрого соединения анкеров с железобетонными сооружениями или металлоконструкциями. Головная опорная пластина устанавливается в необходимом для упора месте ближе к концу последней штанги и закрепляется чаще всего шестигранными сферическими гайками с двух сторон.

Более подробные данные о полном ассортименте всех элементов анкеров типа «ТИТАН» указывают на своих сайтах производители и продавцы.

### Технология устройства грунтовых буроинъекционных анкеров типа «ТИТАН» ▶

Стальная часть грунтового буроинъекционного анкера (анкерной сваи,



Рис. 4. Общий вид соединительной муфты с разных ракурсов [8]



Рис. 5. Общий вид центратора [8]



Рис. 6. Основные типы буровых коронок [8]

микросваи, нагеля) типа «ТИТАН» дает возможность проводить бурение без обсадных труб, но с промывкой жидким цементным раствором (что обеспечивает транспортировку частиц разрушенного грунта из скважины на поверхность, одновременное заполнение всех впадин и трещин с укреплением стенок скважины, последующее впрессовывание цементного раствора с забоя сва-

жины и ее полное заполнение), при этом с наращиванием по ходу дела новых буроинъекционных штанг (с достижением общей длины от 3 до 60 м). Следует отметить, что в качестве инъекционного материала могут быть использованы как цементный (или из мелкозернистого бетона) раствор, так и водоцементные смеси с добавками полимеров и смол, которые быстро схваты-

ваются и очень быстро начинают осуществлять гидроизоляцию, что очень полезно, например, при строительстве тоннелей.

Следует отметить, что после достижения проектной глубины бурения вращение буровой штанги с буровой коронкой не прекращают, а перестают подавать жидкий цементный буровой раствор и начинают подавать под невысоким или высоким давлением (до 80 атм) густой цементный раствор, который вытесняет промывочную жидкость. Может использоваться не только инъекционная цементация, но и струйная цементация по технологии Jet Grouting (в случае специальной модификации стальной части грунтового бурильно-инъекционного анкера типа «ТИТАН»). Цементация способствует уплотнению слабых грунтов и увеличивает диаметр анкерной конструкции, который может превысить диаметр применяемой буровой коронки до двух раз. Коронка и соединенные муфтами буровые штанги с центраторами остаются в скважине в качестве арматуры. За счет гетерогенности грунтов и их разных слоев, пересекаемых анкером, поверхность его цементного камня получается шероховатой или совсем неровной, что обеспечивает ее хорошее сцепление с окружающим грунтом.

Для бурения используют подходящие для каждого типоразмера штанг перфораторы для бурения вручную (рис. 9) и бурения с помощью навесных мачт для обычной строительной техники (рис. 10), а также малогабаритные (рис. 11), самоходные (рис. 12) и более крупные буровые установки. Для нагнетания цементного раствора применяют подходящие насосные станции от ручных вариантов до полуавтоматических или полностью автоматических (рис. 13).

Стальные грунтовые бурильно-инъекционные анкеры (анкерные сваи, микросваи, нагели) типа «ТИТАН» применяются:

- при *строительстве свайных фундаментов* зданий и сооружений (мостов, эстакад, мачт электроснабжения и др.);
- при *строительстве траншей, тоннелей* и других подземных сооружений;
- для *защиты зданий и сооружений, заглубленных в обводненных грунтах, от гидростатического подъема* (всплытия);
- при *реконструкции и усилении существующих фундаментов* зданий и сооружений в целях перераспределения нагрузок, выравнивания деформаций, остановки прогрессирующих де-



Рис. 7. Варианты головных конструкций [8]



Рис. 8. Головные конструкции грунтовых бурильно-инъекционных анкеров для закрепления склонов или откосов, покрытых геосеткой или торкретбетоном

формаций, повышения сейсмостойкости и пр. без разрушения существующих фундаментов;

- для *усиления подпорных стен* (железобетонных, грунтоцементных, шпунтовых, габионных и др.) в транспортном строительстве (в качестве противооползневых мер, в том числе для защиты от камнепадов, укрепления и повышения жесткости железнодорожных и автодорожных насыпей (рис. 14)), в фундаментостроении, при создании причальных сооружений;

- для *быстрого устранения аварийных ситуаций* во всех описанных случаях;

- для *укрепления склонов, откосов* и их облицовки нагельным способом;
- для *горизонтально направленного дренажа склонов* (тогда вместо цементного раствора инъецируется дренажная спецсмесь, например марки DrillDrain);
- одновременно в качестве *и фундамента, и источника энергии* для отопления зданий (геотермальные бурильно-инъекционные сваи).

Для укрепляющих анкеров используется такая длина последовательности соединенных штанг, чтобы она выходила за пределы возможной призмы обрушения.



**Рис. 9.** Использование ручного пневматического перфоратора для бурения с помощью буроинъекционных штанг малых типоразмеров (с внутренними/наружными диаметрами от 30/16 до 40/16) [8]



**Рис. 10.** Использование навесной буровой мачты на обычной строительной технике для бурения с помощью буроинъекционных штанг малых и средних типоразмеров (с внутренними/наружными диаметрами от 30/16 до 52/26) [8]



**Рис. 11.** Применение малогабаритных буровых установок для укрепления фундаментов существующих зданий и сооружений (в том числе исторических) как изнутри, так и снаружи [8]



**Рис. 12.** Использование самоходной буровой установки для бурения с помощью буроинъекционных штанг всех типоразмеров (с внутренними/наружными диаметрами от 30/16 до 103/43) [8]

### Преимущества устройства и эксплуатации грунтовых буроинъекционных анкеров типа «ТИТАН» ▶

Бурение без обсадных труб, нагнетание цементного раствора через последовательность буроинъекционных штанг и их использование в качестве армирующего элемента значительно упрощают и ускоряют процесс устройства грунтовых буроинъекционных анкеров (анкерных свай, микросвай, нагелей) типа «ТИТАН» [2, 8].

В целом, готовая анкерная система типа «ТИТАН» любой подходящей для конкретных условий длины (от 3 до 60 м) может одинаково хорошо воспринимать и передавать нагрузки (от 12 до 200 т) на растяжение и на сжатие, а также знакопеременные усилия, пульсирующие и динамические нагрузки. А правильно рассчитанные

группы таких анкеров могут особенно надежно воспринимать все виды, значения и направления нагрузок и быть весьма долговечными (например, [7]). Такими группами могут быть, например, ярусы для подпорных стен, поля для фундаментных плит или кусты для мачтовых сооружений с особенно большими крутящими моментами, вертикальными и горизонтальными нагрузками и т. д. К тому же они улучшают прочностные свойства окружающего их грунта.

Важно, что грунтовые буроинъекционные анкеры (анкерные сваи, микросваи, нагели) типа «ТИТАН» можно применять:

- в удаленных районах, поскольку все необходимое для работ можно поместить на один автотрал;
- в сейсмоактивных зонах, где такие анкеры даже более эффективны по

сравнению с более массивными конструкциями;

- в условиях самых разнообразных геологических разрезов, поскольку есть возможность выбора подходящих для каждого случая элементов анкерных систем;
- в сложных природных условиях, в труднодоступных местах, в стесненной городской обстановке без влияния на окружающую застройку (грунтовые буроинъекционные анкеры можно устраивать, например, на очень крутых склонах, под водой, с понтонов на воде, из подвалов зданий, поскольку малые диаметры скважин дают возможность использовать не только крупные, но и малогабаритные буровые установки или даже ручные перфораторы; к тому же вибрации при бурении совсем невелики и не оказывают сильных воздействий на окружающие конструкции, здания, со-

оружия или на устойчивость склонов/откосов).

Такие анкеры не требуют дополнительной антикоррозионной обработки благодаря защите их металлических элементов толстым слоем цементного камня или мелкозернистого бетона (толщина трещин в цементе при эксплуатации не должна превышать 0,1 мм, что надо принимать в расчет при проектировании, ограничивая напряжение стали и геометрию резьбы армирующего элемента, что в продуктах типа «ТИТАН» обычно учтено по максимуму). Кроме того, в отличие от тросовых анкеров они за счет своей высокой жесткости и малой деформируемости не нуждаются в преднапряжении, а значит и в последующем периодическом контроле, что дает возможность замоноличивать их головные конструкции в фундаментных плитах, подпорных стенах, обвязочных поясах (балках) креплений котлованов для защиты от коррозии и дополнительного повышения прочности.

Более подробную информацию о применении стальных буроинъекционных анкеров (анкерных свай, микросвай, нагелей в зависимости от размеров и применения) и об основных расчетах для проектирования их устройства приводят на своих сайтах производители и продавцы. К тому же они, как правило, осуществляют обширную консультативную поддержку инженеров-строителей и обучают рабочий персонал.

Для контроля качества стальных буроинъекционных анкеров помимо испытаний, требуемых для всех грунто-

вых анкеров, в том числе извлеченных из грунта, могут применяться неразрушающие методы контроля [8].

### Недостатки грунтовых буроинъекционных анкеров ▶

Недостатком грунтовых буроинъекционных анкеров является их большая длина, требуемая для достижения нужной несущей способности. В том числе и поэтому некоторые исследователи (например, [2]) считают перспективным развитие технологий создания такого рода анкеров с устройством контролируемых армированных уширений на концах.

Кроме того, буроинъекционные анкерные сваи вряд ли стоит применять, если необходима их длина, превышающая 60 м.

Еще одним недостатком является неконтролируемый или плохо контролируемый характер распространения цементного раствора в массивах, содержащих слабые грунты (например, пылеватоглинистые) [2]. Но это можно в значительной степени предсказать с помощью тщательных инженерно-геологических изысканий, расчетов и подбора характеристик стальных элементов, состава цементного раствора и пр. [2, 8]

### Заключение ▶

Грунтовый буроинъекционный анкер (анкерная свая, микросвая, нагель) создается путем проходки буровой скважины конструкцией из последовательности полых винтовых штанг, соединенных между собой специ-



**Рис. 13.** Использование насосных станций для нагнетания цементного раствора от простых ручных вариантов до полуавтоматических или полностью автоматических [8]

альными муфтами, с буровой короной на конце, через которую после окончания бурения выполняется инъектирование густого цементного раствора начиная с забоя. Правильно спроектированные группы таких анкеров могут эффективно и экономично закреплять в грунте различные заглубленные или подземные конструкции и сооружения. **И**



**Рис. 14.** Укрепление железнодорожной насыпи стальными сетками, габионами и грунтовыми буроинъекционными анкерами типа «ТИТАН»

## Список литературы ►

1. Xanthakos P.P. Ground anchors and anchored structures. New York: John Wiley & Sons Inc., 1991. 704 p.
2. Самохвалов М.А., Гейдт А.В., Паронко А.А. Обзор существующих конструкций буроинъекционных анкерных свай // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 12. С. 1530–1554. DOI:10.22227/1997-0935.2019.12.1530-1554.
3. Muhra H. Micropiles in Northern and Middle Europe. Finland: Tampere University of Technology, 1997. Publication 39.
4. Коньков Н.К., Матяшевич И.А., Солодников А.А. Применение анкеров в грунте для крепления стен подземной части гаража в Москве // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1977. № 4. С. 12–13.
5. Болдырев Г.Г. Стабильность и деформируемость оснований анкерных фундаментов: автореф. дис... д-ра тех. наук. М., 1992. 36 с.
6. Самохвалов М.А., Ашихмин О.В., Паронко А.А. Расчетный прогноз взаимодействия буроинъекционных анкерных свай с пылевато-глинистым грунтовым основанием // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2017. Т. 17. № 4. С. 28–34. DOI: 10.14529/build170404. URL:..researchgate.net/publication/338232535\_Review\_of\_existing\_designs\_of\_drill-and-injection\_anchor\_piles.
7. Малышкин А.П., Прозозин Я.А. Усиление фундаментов микросваями с направленным инъецированием // Труды Международной научно-практической конференции по проблемам механики грунтов, фундаментостроению и транспортному строительству. Пермь, 2004. Т. 2. С. 138–142.
8. Анкерная система ТИТАН – передовая технология в геотехнике. URL: ишебек.рф/s3k59k.pdf. Дата последнего обращения: 30.06.2023.

## References ►

1. Xanthakos P.P. Ground anchors and anchored structures. New York: John Wiley & Sons Inc., 1991. 704 p.
2. 2.Samohvalov M.A., Geidt A.V., Paronko A.A. Obzor sushchestvuyushchih konstruksiy buroin"ektsionnyh ankernyh svay [Overview of existing structures of anchor piles] // Vestnik MGSU. 2019. T. 14. Vyp. 12. S. 1530–1554. DOI:10.22227/1997-0935.2019.12.1530-1554 (in Rus.).
3. 3.Muhra H. Micropiles in Northern and Middle Europe. Finland: Tampere University of Technology, 1997. Publication 39.
4. 4.Kon'kov N.K., Matyashevich I.A., Solodnikov A.A. Primenenie ankerov v grunte dlya krepleniya sten podzemnoy chasti garazha v Moskve [The use of anchors in the ground for strengthening the walls of the underground part of a garage in Moscow] // Osnovaniya, fundamenti i mehanika gruntov. 1977. № 4. S. 12–13 (in Rus.).
5. 5.Boldyrev G.G. Stabil'nost' i deformiruemost' osnovaniy ankernyh fundamentov [Stability and deformability of anchored foundations]: avtoref. dis... d-ra teh. nauk. M., 1992. 36 s. (in Rus.).
6. 6.Samohvalov M.A., Ashihmin O.V., Paronko A.A. Raschetnyi prognoz vzaimodeystviya buroin"ektsionnyh ankernyh svay s pylavato-glinistym gruntovym osnovaniyem [Calculated forecast of the interaction of anchor piles with a silty-clayey ground base] // Vestnik YuUrGU. Seriya "Stroitel'stvo i arhitektura". 2017. T. 17. № 4. S. 28–34. DOI:10.14529/build170404. URL:..researchgate.net/publication/338232535\_Review\_of\_existing\_designs\_of\_drill-and-injection\_anchor\_piles (in Rus.).
7. 7.Malyshkin A.P., Pronozin Ya.A. Usilenie fundamentov mikrosvayami s napravlenным in"ektirovaniyem [Strengthening foundations by micropiles with directional injection] // Trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii po problemam mehaniki gruntov, fundamentostroyeniyu i transportnomu stroitel'stvu. Perm', 2004. T. 2. S. 138–142 (in Rus.).
8. 8.Ankernaya sistema TITAN – peredovaya tehnologiya v geotehnike [The TITAN anchor system – an advanced technology in Geotechnics]. URL: ishebek.rf/s3k59k.pdf. Data poslednego obrashcheniya: 30.06.2023 (in Rus.).



Источник изображения: [8]