

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 625.7/8

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОСТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Белякова Е.В., Головин К.А., Копылов А.Б., Томилова Б.И.
Тульский государственный университет

В статье рассматриваются принципы технологии гидроструйной цементации в дорожном строительстве, ее преимущества и возможности применения в различных инженерно-геологических условиях.

При строительстве автомобильных дорог в ряде случаев возникает необходимость повышения несущей способности слабых оснований дорожного полотна. В настоящее время повсеместно все большее развитие и применение в промышленном и дорожном строительстве находит технология струйной цементации (jet-grouting) слабых грунтов оснований, которая отличается высокой эффективностью и скоростью сооружения грунтоцементных конструкций в сложных инженерно-геологических условиях.

Струйная цементация грунтов (jet-grouting) представляет собой способ закрепления грунтов, основанный на «одновременном разрушении и перемешивании грунта высоконапорной струей цементного раствора» [6]. Результаты исследования опубликованы при финансовой поддержке ТулГУ в рамках научных проектов № госрегистрации АААА-А19-119011490144-3 «Установление закономерностей износа струеформирующих насадок при эксплуатации установок высокого давления» и № госрегистрации АААА-А19-119011090033-4 «Обоснование параметров оборудования для гидроструйной цементации горных пород со спутным потоком воздуха».

В результате струйной цементации в грунте образуются цилиндрические колонны-сваи диаметром до 2,0 м.

Технология Jet-Grouting начала активно внедряться в европейских странах и Японии во второй половине XX века. За несколько десятилетий эта технология стала использоваться во всем мире и в настоящее время задействуется во многих отраслях строительства.

В сравнении с традиционными технологиями инъекционного

закрепления грунтов, струйная цементация позволяет укреплять весьма широкий диапазон грунтов – от гравийных отложений до мелкодисперсных глин и илов.

Суть метода гидроструйной технологии с использованием цементной суспензии (гидроструйная цементация (ГСЦ) заключается в применении кинетической энергии высокоскоростной суспензионной водоцементной струи, погруженной в грунтовый массив и вращающейся в плоскости, перпендикулярной оси скважины с одновременным подъемом вверх. В результате разрушения и перемешивания грунта с цементной суспензией образуется закрепленный массив цилиндрической формы – грунтоцементная свая. Прочность грунтоцемента на сжатие в песчаных грунтах составляет в среднем 5-10 МПа, в глинистых 2-4 МПа.

Более подробно метод ГСЦ осуществляется таким способом: в заранее пробуренную технологическую скважину (рис. 1) опускают специальный скважинный монитор, имеющий боковую насадку.

К монитору по гибкому рукаву подают размывающую жидкость, преимущественно, цементный раствор. Из насадки выходит высокоскоростная струя раствора, которая производит размыв грунта, образуя в нем горизонтальную каверну. При этом размывтый грунт вместе с отработанным раствором частично выносится на поверхность в виде пульпы, которая по канавке направляется в специальный пульпоприемник (траншею или зумпф).

Монитор приводят во вращение вокруг вертикальной оси и одновременно начинают медленно поднимать. В результате, по мере подъема вращаемого монитора, часть размываемой струей грунта (в пределах радиуса размывающей способности струи) перемешивается с раствором, и таким образом в грунтовом массиве образуется цилиндрическая размываемая полость, заполненная грунторастворной смесью. После завершения подъема монитора и затвердевания цемента в грунте образуется колонна закрепленного грунта. Совокупность указанных операций и составляет однокомпонентную струйную геотехнологию.

Если, наряду с боковой насадкой, в мониторе монтируется соосная с ней воздушная насадка, через которую одновременно с подачей раствора через центральную насадку подается сжатый воздух, создающий искусственный воздушный поток вокруг струи раствора, то здесь имеет место двух-компонентная технология.

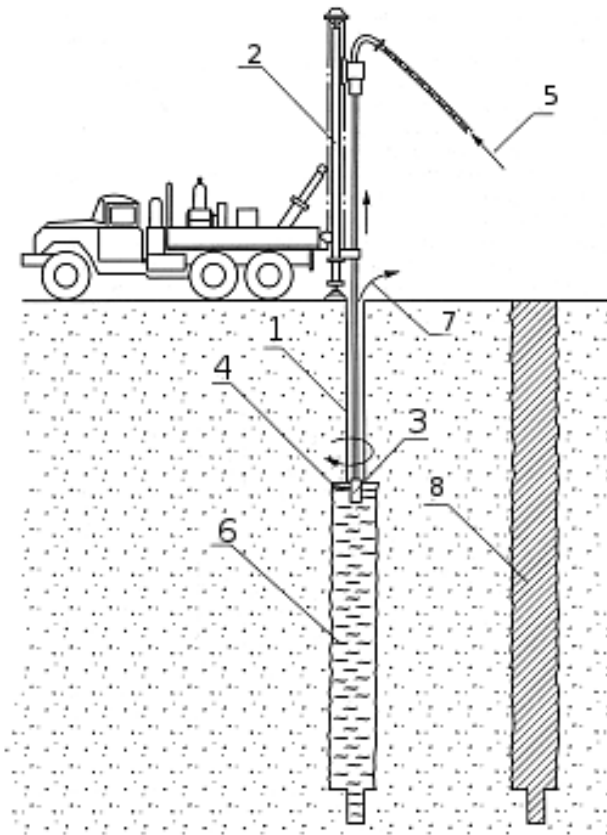


Рис. 1 – Сооружение грунтобетонных колонн по однокомпонентной технологии:

- 1 – технологическая скважина;
- 2 – гидравлический буровой станок;
- 3 – скважинный струйный однокомпонентный монитор;
- 4 – высокоскоростная струя твердеющего раствора;
- 5 – твердеющий раствор; 6 – размываемая полость;
- 7 – изливающаяся растворо-грунтовая смесь;
- 8 – готовая грунтобетонная колонна

При двухкомпонентной геотехнологии диаметр грунтобетонной колонны существенно больше, чем при однокомпонентной (при условии равенства всех остальных характеристик процесса).

Трехкомпонентная технология получается, когда размыв грунта производят водяной струей в искусственном воздушном потоке, с выносом размываемого грунта через скважину в составе водовоздушной пульпы, а закрепляющий раствор подают в виде отдельной струи через насадку, расположенную ниже соосных размывающих насадок [6].

Однако для дорожного строительства данный метод используется в несколько измененном виде.

В соответствии с результатами анализа литературных источников [4] используется следующий метод: Работы по гидроструйной цементации дорожного полотна могут проводиться при расположении струеформирующего устройства, как непосредственно на поверхности грунта, так и на некотором расстоянии от поверхности. Первая схема более предпочтительна с точки зрения увеличения эффективности воздействия на закрепляемый массив и уменьшения потерь водоцементного раствора на разбрызгивание при входе струи в грунт, поэтому к рассмотрению был принят именно этот случай.

Процесс гидроструйной цементации (рис. 2) осуществляется следующим образом: в струеформирующее устройство (диаметром d_0 , коэффициентом расхода μ) осуществляется подача водоцементного раствора (с плотностью ρ) под высоким давлением P . После этого осуществляется перемещение струеформирующего устройства со скоростью V по поверхности закрепляемого массива. После затвердевания, формируется закрепленный массив треугольного сечения глубиной h и углом при вершине γ .

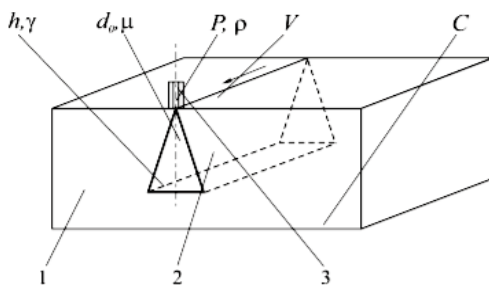


Рис. 2 – Схема гидроструйной цементации дорожного полотна:

1 – закрепляемое полотно; 2 – породобетон;

3 – струеформирующая насадка

После застывания раствора получается новый материал, полу-

чивший наименование грунтобетона. Грунтобетон имеет довольно высокие прочностные и деформационные характеристики.

Вследствие изменения технологии ГСЦ для применения ее в дорожном строительстве, требуется уделить значительное внимание таким проблемам как:

- разработка специального оборудования для поверхностной ГСЦ оснований дорожных полотен;
- благоприятные условия для твердения суспензий;
- увеличение скорости твердения растворов;
- разработка и внедрение новых, отличных по своим физико-механическим свойствам растворов.

Технология гидроструйной цементации имеет ряд неоспоримых преимуществ:

- высокая скорость процесса;
- отсутствие необходимости предварительной отрывки котлованов, предварительного усиления фундаментов соседних зданий и сооружений;
- отсутствие вибрационных и ударных нагрузок, значительных шумовых эффектов, существенных осадков фундаментов и подъемов поверхности грунта;
- возможность прогнозирования прочностных характеристик укрепляемого основания дорожного полотна;
- возможность проведения строительных работ в непосредственной близости от зданий и сооружений;
- широкий диапазон работы с различными типами грунтов – от илистых до грунтов с гравийными отложениями;
- возможность проведения строительных работ в стесненных условиях.

Таким образом, обширный спектр преимуществ рассмотренной технологии, позволяет судить о гидроструйной цементации как об универсальном методе укрепления грунтов и однозначной целесообразности ее применения в области дорожного строительства, при условии решения ряда технологических и экономических вопросов, которые непременно возникают на стадии разработки новых технологий.

Библиографический список

1. Бройд И.И. *Струйная геотехнология*. – М.: АСВ, 2004.
Бадиров Д.Г. *Основы стандартизации и контроля качества продукции*. М., «Транспорт», 1986, 221с.

2. Антипов В.В. *Освоение оборудования для бестраншейных технологий прокладки инженерных коммуникаций на Скура-*

товском экспериментальном заводе / В.В. Антипов, И.И. Бракер // *Метро и тоннели* - 2002 - № 3- С.11-13.

3. Головин К.А.. *Обоснование параметров и создание оборудования для гидроструйной цементации неустойчивых пород в горном производстве.* -Дис. докт. техн. наук.- Тула, 2007 г., 250 с.

4. Головин, К.А *Разработка оборудования для укрепления дорожного полотна методом гидроструйной цементации / К.А. Головин.* – Тула: Известия Тульского государственного университета. Науки о земле, 2015.

5. *Материалы сайта* <http://www.jet-grouting.ru/>

6. *Материалы сайта* <https://goo-gl.ru/5M18>

7. Белякова Е.В., Головин К.А., Ковалев Р.А., Копылов А.Б. *Гидроструйная цементация в дорожном строительстве. Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле.* 2016. № 4. С. 120-126

8. Ковалев Р.А., Головин К.А., Копылов А.Б., Аккуратнов Е.А. *Способ укрепления слабых грунтов основания дорожного полотна. патент на изобретение RUS 2627347 15.06.2016*

9. Golovin K., Kovalev R., Kopylov A. *The issues of cryojet technology application for rock cutting.* В сборнике: *E3S Web of Conferences Electronic edition.* 2018.

УДК 69.032.4+69.040

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДВОРЦА КУЛЬТУРЫ В ГОРОДЕ ЛИПКИ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Бочкова Е.А., Головин К.А., Копылов А.Б.

Тульский государственный университет

Работа посвящена исследованию и разработке проекта реконструкции типового дворца культуры районного центра, возведенного в 60-х годах 20 века.

Капитальный ремонт каждого второго дома культуры России – назревшая потребность. Также в регионах существует проблема с дошкольным образованием детей, досуговыми занятиями и культурным просвещением людей. В России насчитывается 27 таких дворцов культуры, и все они нуждаются в реконструкции.

В качестве объекта реконструкции было выбрано здание дворца культуры, построенное в 1956 году архитектором Рожиным И.Е. в шахтерском городе Липки в Тульской области. У