

Гуртяк М.А. Методы укрепления грунтов в основании насыпи автомобильной дороги // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2019. – №2 (февраль). – АРТ 160-эл. – 0,5 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>

РУБРИКА: АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

692.1 УДК

Гуртяк Марина Алексеевна,
студентка 4 курса, инженерно-строительного института
ФБГОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет»
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
E-mail: gurtyakmarina@gmail.com

**МЕТОДЫ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИИ НАСЫПИ
АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ**

Аннотация: Автомобильная дорога является сложным инженерно-техническим сооружением, к которому предъявляется ряд требований, касающихся долговечности, высоких потребительских свойств и безопасности на время ее эксплуатации. При отсутствии прочного основания это невозможно обеспечить. Существует два принципиально разных метода строительства на слабых грунтах: полная замена грунта, искусственное улучшение его свойств. С точки зрения экономии средств на привозном грунте, возможности строительства на плохих грунтах, уменьшения строительно-монтажных сроков за счет уменьшения объемов строительного производства второй способ безоговорочно одерживает верх. Однако для строительства дороги в таких условиях необходимо проведение точных изыскательских работ о физико-механических свойствах грунтов на каждом ее участке. К тому же потеря устойчивости сооружения,

прокладываемого на слабонесущих грунтах, может стать причиной резкого повышения напряжений в конструкции, нарушения проектной прочности, что потребует значительных дополнительных затрат на проведение ремонтно-восстановительных работ. В статье рассматриваются методы укрепления слабых грунтов путем использования стабилизированных местных грунтов, грунтовых и песчаных свай, свай с гибким ростверком, струйной цементации, высоконапорного инъектирования.

Ключевые слова: Слабые грунты, грунтовые сваи, временные пригрузки, геоматериалы, струйная цементация, уплотнение взрывом.

Gurtyak Marina Alekseevna,
student 4 course of civil engineering institute
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Peter the Great Saint Petersburg Politechnic University»
St. Petersburg, Russian Federation

WEAK SOILS, SOIL PILES, TEMPORARY LOADS, GEOMATERIALS, JET GROUTING, BLAST COMPACTION

Abstract: The road is a complex engineering structure, which is subject to a number of requirements relating to durability, high consumer properties and safety during its operation. In the absence of a solid foundation, this cannot be ensured. There are two fundamentally different methods of building on weak soils: complete replacement of the soil, artificial improvement of its properties. In terms of cost savings on imported soil, the possibility of building on bad soils, reducing construction and assembly terms by reducing the volume of construction production, the second method unconditionally prevails. However, for the

construction of a road in such conditions, it is necessary to carry out precise survey work on the physicommechanical properties of soils in each of its sections. In addition, the loss of stability of a structure laid on weakly bearing soils may cause a sharp increase in stresses in the structure, a violation of design strength, which will require significant additional costs for repair and restoration work. The article discusses methods for strengthening weak soils through the use of stabilized local soils, soil and sand piles, piles with a flexible grillage, jet grouting, high-pressure injection.

Keywords: Weak soils, soil piles, temporary loads, geomaterials, jet grouting, blast compaction.

1. Введение

Грунтом называют любые горные породы, почвы, осадки и техногенные образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамические системы и как часть геологической среды и изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека. [1]

Грунты, применимые для возведения насыпей при строительстве автомобильных дорог подразделяются на четыре группы: скальные, крупнообломочные, песчаные и глинистые. По физико-механическим свойствам грунты верхней толщи земной коры делятся на: щебенистый, гравелистый, песок, супесь, глина, суглинок, растительный грунт. Весьма пригодным в качестве естественного основания являются крупнообломочные щебенистые и гравелистые грунты, песчаные гравелистые, а также глинистая супесь. [2]

Нежелательно устраивать линейные объекты на грунтах песчаных пылеватых, на тяжелой глинистой супеси, тяжелом пылеватом суглинке, пылеватой полужирной и жирной глине. [2]

Наиболее важным этапом при изыскательских работах на месте будущей автомобильной дороги является выявление зон, в которых имеются слои слабых грунтов.

Слабые грунты – это связные грунты, имеющие прочность на сдвиг в природном залегании менее 0,075 МПа (при испытании прибором вращательного среза) или модуль осадки при нагрузке 0,25 МПа более 50 мм/м (модуль деформации ниже 0,5 МПа). Такие грунты имеют низкую несущую способность и высокую степень деформации. Слабые грунты обычно водонасыщены, имеют весьма высокую влажность, большую пористость и весьма большую сжимаемость; они чувствительны к воздействию вибрации и других факторов, связанных со строительным производством. [3]

Основания насыпи автомобильных дорог, в пределах активной зоны которых имеются слои слабых грунтов мощностью более 0,5 м, относят к слабым основаниям. [4]

До 20 века строительство на слабых грунтах считалось невозможным. Начиная же с прошлого столетия, учеными было предложено множество методов для улучшения свойств грунтов.

Цель: определение наиболее выгодных способов искусственного повышения свойств грунтовых массивов в насыпи автомобильной дороги.

Задачи:

- анализ существующих методов укрепления слабонесущих грунтов;
- подготовка рекомендаций по применению результатов исследований при строительстве линейно-протяженных объектов.

2. Методы

В работе используются следующие научные методы исследования: анализ, сравнение, конкретизация.

Метод научного анализа позволит изучить каждый из вышеперечисленных способов в отдельности.

Путем их мысленного сравнения по конкретным критериям установим их тождество и различия.

Основываясь, на методе конкретизации, выявим наиболее важные свойства, делающие слабые грунты непригодные для строительства.

Далее работа заключается в определении оптимального способа укрепления слабых грунтов.

3. Основная часть

Под искусственным укреплением грунта понимают воздействие на грунт с помощью конструктивных и технологических мероприятий, которые в свою очередь повышают его несущую способность и снижают вероятность возникновения деформаций. В настоящее время существует множество вариантов укрепления грунтов, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Во многом использования того или иного метода определяется типом грунта, на котором планируется возведение инженерного сооружения. В данной статье будут рассмотрены наиболее распространенные варианты усиления грунта в основании насыпи автомобильной дороги: стабилизация местных грунтов, грунтовые сваи, грунтоцементные сваи, возводимые методом струйной цементации, временная пригрузка, армирование геосинтетическими материалами, уплотнение взрывом.

1) Стабилизация местных грунтов

Стабилизация грунта – способ увеличения прочности и водостойкости грунта (в основном связного) путем его обработки стабилизаторами или поверхностно-активными веществами. [5]

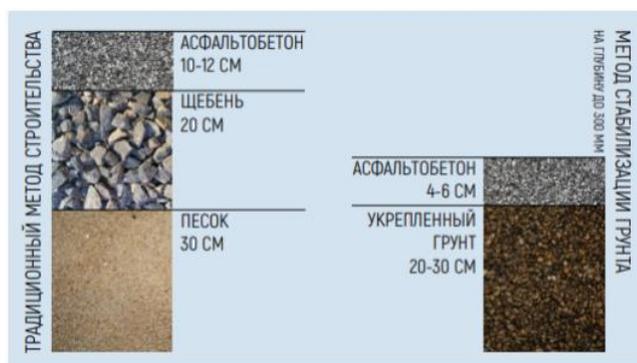


Рис. 1. Сравнение конструкции дорог

За время применения данного метода укрепления были выявлены и в настоящее время рекомендованы конкретные вяжущие вещества для каждого вида стабилизированного грунта. Так, цемент наиболее часто используется в песчано-гравелистых и щебенистых грунтах, песках малой крупности, супесях и суглинках. Известь наиболее большое распространение получила в качестве вяжущего для крупнообломочных грунтов и для песков при добавке золы уноса или золошлаковых смесей. По результатам экспериментальных исследований грунтовых смесей с разным количеством извести при оптимальной влажности установлено, что при перемешивании 8 % извести с грунтом достигается максимальная плотность. Наряду с перечисленными добавками нашли применение и известь молотая, смеси с двумя вяжущими веществами (цемент и битумные эмульсии), органические вяжущие вещества, синтетические полимеры. [6-10].

Применение технологии стабилизации грунтов полифилизаторами «ПГСЖ 1» + «ПГСП 3» или «ПГСЖ 1» + «ПГСБ 2» в России показали следующие результаты [11]:

1 – Снижение стоимости строительства дорог различных категорий на 15-25%;

2 – Возможно сочетание двух компонентов для достижения искомой степени стабилизации грунта;

3 – Использование местных и даже пылеватых грунтов вместо дорогих привозных;

4 – Постоянное увеличение плотности грунта ведет к снижению набухаемости и пухинистости;

5 – Слой износа сокращается до 5-6 см асфальтобетона;

3 – Уменьшение водонасыщения ведет к увеличению допустимых нагрузок на дорогу;

4 – Водонасыщенный грунт, подвергшийся стабилизации остается «сухих» в течение года.

Исследования дорожных конструкций на основании из суглинка, укрепленным портландцементом(18%) и супеси, укрепленной портландцементом(15%) показали, что перемешивание супеси с портландцементом позволяет получить цементогрунт более однородный, чем с суглинком. Этот вариант также более экономичный. [12]

2) Грунтовые сваи

Способ грунтовых свай заключается в устройстве на заданном расстоянии друг от друга скважин, заполняемых грунтом. Способность основания к деформации снижается за счет грунта, который доводится до состояния требуемой плотности. В основном, грунтовые сваи размещают в шахматном порядке. При таком размещении достигается наибольший

эффект уплотнения. Шаг сваи выбирают из условия необходимой плотности грунта между сваями и назначают таким образом, чтобы достичь арочного эффекта между сваями. [7,13,14]

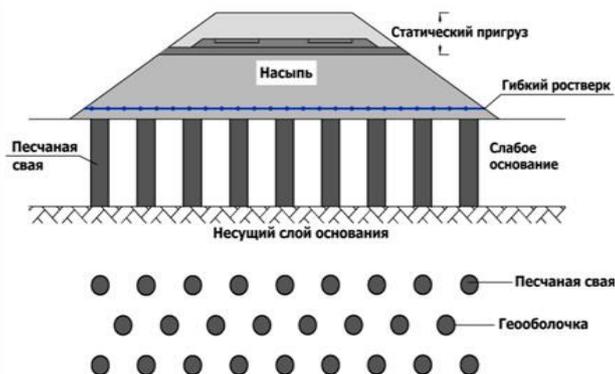


Рис. 2. Песчаные сваи

Сваи с гибким геосинтетическим ростверком

Данная технология сочетает в себе прочность и гибкость, в связи с чем хорошо подходит для подходных насыпей, отличающихся высокими динамическими нагрузками и строжайшими требованиями к осадке. [15]

В качестве несущих элементов при возведении гибких свай используются забивные колонны из железобетона, грунтоцементные сваи, образованные методом «jetgrouting» или «deepsoilmixing», песчаные колонны в оболочке из геотекстиля. [15]

Одним из последних крупных проектов в РФ, в ходе которого применялся данный метод, была скоростная автомагистраль М11 (Москва — Петербург).

3) Временные пригрузки

Уплотнение грунта методом пригрузки ускоряет осадки вследствие увеличения нагрузки на грунт. Суть метода временной пригрузки состоит в приложении нагрузки, в результате чего расчетные осадки с заданной

степенью консолидации завершаются за время, гораздо меньшее, чем время при обычной консолидации грунта. [16]

В большинстве случаев пригрузку в качестве дополнительного слоя насыпи применяют на дорогах высокой категории с усовершенствованными типами покрытия. [17]

Применение пригрузок эффективно тогда, когда нагрузка на основание должна быть увеличена, т. е. в ситуациях при компенсационных досыпках претерпевших большие осадки насыпей до проектных отметок, при этом пригрузки повышают устойчивость их оснований. [6,10]

Часто совместно с пригрузкой применяют понижение уровня грунтовых вод. Совместное применение этих методов дает наибольший эффект. [23,24]

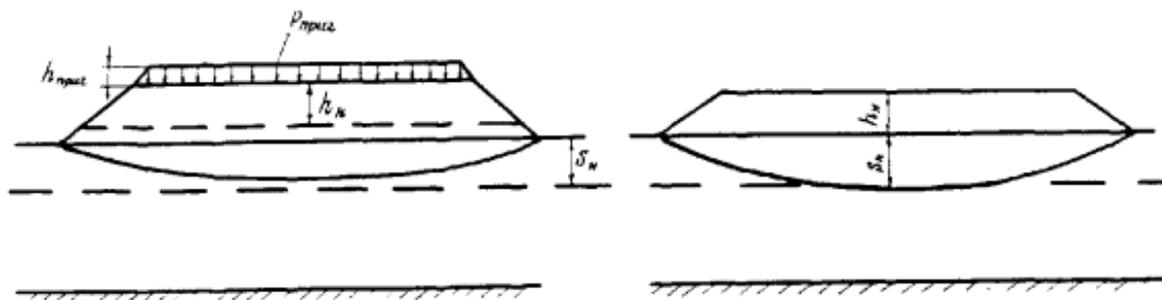


Рис. 3. Временные пригрузки

4) Армирование грунта синтетическими материалами

Суть армирования грунта заключается в заблаговременной укладке (для насыпных сооружений) в грунты армирующих элементов. Наиболее перспективными для армирования грунтов являются высокопрочные геосинтетические материалы из-за своей высокой прочности, устойчивости к низким температурам и агрессивным средам.

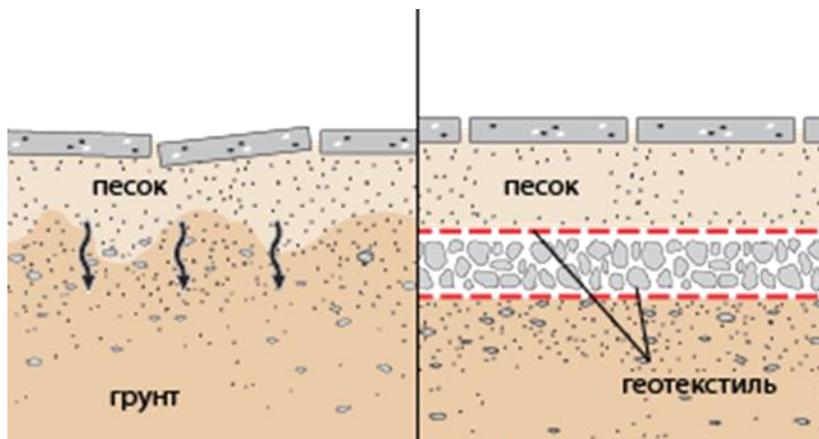


Рис. 4. Сравнение работы грунта без армирования и с армированием геотекстилем

Существующие виды геосинтетиков для армирования грунтов: объемные сотовые георешетки, плоские геосетки и геоткани.



Рис. 5. Геотекстиль (тканый, нетканый, вязаный)

- Экологически чистый, обладает высокой химической стойкостью, устойчивостью к термоокислительному старению, высокими физико-механическими свойствами
- Применяется в дорожном строительстве, строительстве туннелей, гидротехнических сооружений, для армирования откосов и др.
-



Рис. 6. Георешетка (одноосная, двуосная)

- Гибкий каркасный материал
- Ячейки могут заполняться растительным грунтом с семенами, щебнем или бетоном
- Предотвращает вдавливание щебня в мягкую подоснову, противостоит разрушительному действию морозов
- Применяется для противоэрозионной защиты откосов, строительства подпорных стенок, армирования слабых грунтов и др.



Рис. 7. Геосетка

- Нитепрошивной материал, пропитанный битумной эмульсией
- Применяется для усиления асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог, упрочнения строительных конструкций и др.

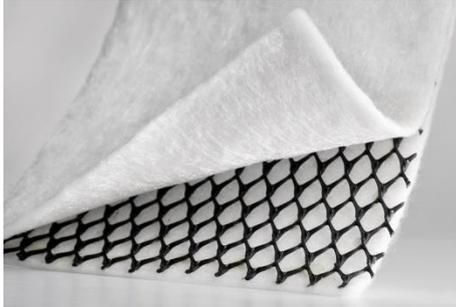


Рис. 8. Геокомпози́ты

- Комбинация георешетки и текстиля
- Решетки выдерживают одинаковую нагрузку в каждой точке, что позволяет блокироваться внутри асфальтобетонной смеси и обеспечивает надежную прочность конструкции.
- Применяется в дорожном строительстве, в сфере ландшафтного дизайна, для армирования грунтовых стен, устоев мостов, склонов и земляных насыпей.



Рис. 9. Геомат

- Рулонный композитный материал, состоящий из геосетки и объемного материала
- Применяется для защиты склонов и откосов от эрозионных процессов



Рис. 10. Геокамеры

- Трехмерная конструкция, полученная из скрепленных полимерных лент с ячейками одинакового размера и формы.
- Применяется в дорожном строительстве, а также для создания гидротехнических сооружений.



Рис. 11. Геомембрана полимерная

- Изготавливается из высококачественного полиэтилена высокого давления с добавлением углеродного стабилизатора
- Применяется для строительства гидротехнических сооружений, полигонов, свалок и др.

Как показывает производственный опыт, при упрочнении и укреплении откосов, склонов, дорожных насыпей и других сооружений, высокопрочные геосинтетические материалы применяются вместе с габионными блоками. [7,18]

Для армирования грунтов геосетки производят из высокомолекулярных полимерных волокон, покрывают ПВХ. Они должны иметь прочность на разрыв от 20 до 400 кН/м и размер ячеек от 10 до 50 мм. Применяются сетки

с квадратными и прямоугольными ячейками, с одинаковой и разной прочностью вдоль и поперек материала. [18]

Увеличение несущей способности слабых оснований дорог достигается перераспределением локальных напряжений на весь массив грунта и георешетку.

Аналогично с методом стабилизации для армирования различных грунтов на предполагается использование различных видов геоматериалов. Так, опытным путем было доказано, что применение геосетки ОС №8 в качестве армирования оснований наиболее эффективно для песчаных грунтов, чем для глинистых, поскольку наблюдается увеличение значений модуля деформации и угла внутреннего трения у пылеватых песков происходит в среднем на 30%, а у текуче-пластичных глин модуль деформации и угол внутреннего трения увеличивается на 5-10%, удельное сцепление – на 30%. [19]

Эксперименты, проводимые в Пермском национальном исследовательском политехническом университете показали, что значения потери прочности для геосетки из полиэстера марки ОС №8 составляют вдоль волокон 17,3%, поперек – 9,8% при 27-летнем сроке эксплуатации. Таким образом, подтвердилось то, что геосинтетические материалы подвержены старению и износу. [20]

5) Грунтоцементные сваи, возводимые методом струйной цементации (Jet Grouting)

Струйная цементация представляет собой метод закрепления грунтов, основанный на одновременном разрушении и перемешивании грунта высоконапорной струей цементного раствора. В результате струйной цементации в грунте образуются цилиндрические колонны-сваи диаметром до 2000 мм. [21-24]

Грунтобетонные элементы располагают с определенным шагом в плане и по глубине. Отличительной особенностью данного метода от инъекционных способов (цементации) служит то, что нет необходимости создания сплошного закрепленного массива. В грунте на необходимой глубине выполняются жесткие грунтобетонные элементы. В зависимости от назначения барьера его конструкция может быть выполнена в сплошном варианте (диаметр грунтобетонных элементов больше расстояния между ними в осях и они пересекаются между собой) и разреженном варианте, когда расстояние между элементами 2...3 диаметра. [6,22]

Технология «Jet grouting» подразделяется на три типа, в зависимости от использования бурового инструмента. [20]

Таблица 1. Типы технологии «Jet grouting»

Однокомпонентная технология Jet-1 (вода и цемент)	Использует одну струю	Максимально возможная прочность грунтобетона Диаметр грунтоцементной сваи (ГЦС) 0,6-0,8м.
Двухкомпонентная технология Jet-2	Использует буровой инструмент, имеющий два канала для подачи водоцементного раствора и воздушной струи под давлением 0,6-1,2 МПа.	Меньшая прочность бетона по сравнению с однокомпонентной технологией. Диаметр ГЦС 0,8-1,8 м.

Трехкомпонентная технология Jet-3	Использует буровой инструмент с тремя каналами, дополнительная третья струя, состоящая из воды под давлением 200-300 атм.	Диаметр ГЦС 1,2-2,5 м.
-----------------------------------	---	------------------------

Анализ закономерностей работы и опыта применения грунтоцементных свай показал, что технология требует дополнительных исследований границ использования для различных инженерно-геологических условий. [23]

б) Уплотнение взрывом microblasting (при неглубокой стабилизации 15-30 м)

При применении метода уплотнения просадочных грунтов подводными и глубинными взрывами необходимо предварительное замачивание, для того чтобы приблизить грунт к состоянию, близкому к полному водонасыщению. Далее (соответственно в грунтовой или водной среде) производят взрыв зарядов, это приведет к разрушению существующей структуры грунта и искусственному уплотнению. [7, 16]

В Таблице 2 представлены основные методы укрепления слабых грунтов при строительстве автомобильных дорог на них. Также приведены рекомендуемые грунтовые условия, преимущества и недостатки.

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

Таблица 2. Основные методы укрепления слабых грунтов

Название метода	Рекомендуемые грунтовые условия	Преимущества	Недостатки
Стабилизация местных грунтов	Для стабилизации наиболее подходящими являются супеси и суглинки. Рекомендованы конкретные вяжущие вещества для каждого вида стабилизированного грунта. [6,8]	Эффективный, относительно просто, дешевый, безотходный, т.к. оперирует малыми давлениями. Сокращение сроки строительства. [7,8]	Наличие большого количество различной строительной техники.
Грунтовые сваи	Водонасыщенные пески, содержащие органические примеси, и лессовые просадочные грунты. [16]	Экономичность. Создается уплотненное основание со средним модулем деформации. [16]	Необходимость тщательного уплотнения грунта, дорогостоящее тяжелое оборудование, низкая эффективность устройства свай. [6]
Грунтоцементные сваи, возводимые методом струйной цементации	Водонасыщенные песчаные (пылеватые), глинистые и пылевато-глинистые [25,26]	Высокая производительность, экономичность, отсутствие негативных ударных воздействий, возможность работы в стесненных условиях, в сложных инженерно-геологических условиях. [28]	Возможны деформации – подъемы, осадки, просадки из-за подмыва. Технология является дорогостоящей. [25,26]
Армирование грунтов синтетическими материалами	Глинистые, просадочные, техногенные, на территориях со сложными гидрогеологи-	Простота производства работ. Применение в стесненных условиях. Экологичность, низкая	Сложность в бережном обращении с некоторыми материалами, материалы подвержены

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

	ческими климатическими условиями. [16]	материалоемкость и экономичность метода [18]	старению и износу [18, 17]
Армирование грунтов синтетическими материалами	Глинистые, просадочные, техногенные, на территориях со сложными гидрогеологическими климатическими условиями. [16]	Простота производства работ. Применение в стесненных условиях. Экологичность, низкая материалоемкость и экономичность метода. Геосинтетики способны выдержать отрицательные температуры [18, 16, 27]	Сложность в бережном обращении с некоторыми материалами, материалы подвержены старению и износу [18, 16]
Уплотнение взрывом (при неглубокой стабилизации 15-30 м)	Просадочные грунты, супеси, суглинки, лессовые грунты. [16]	Простота производства работ. Возможность быстрого уплотнения. Небольшая стоимость. [16]	Существует необходимость обеспечить влажность грунтов. Неравномерное уплотнение по толщине слоя. Ограниченность применения вблизи зданий и сооружений. [16]

4. Заключение

1. Общее достоинство всех методов искусственного улучшения слабых грунтов - возможность их применения при любых условиях, так как они не связаны с улучшением характеристик грунтов. Наиболее эффективными следует считать те методы, которые менее ресурсозатратны и более универсальны.
2. Выбор метода для усиления грунта в конкретном случае определяется географическим положением места строительства, природно-

климатическими условиями, гидрогеологическими характеристиками грунта.

3. Применение грунтов, стабилизированных минеральными вяжущими веществами при сооружении земляного полотна, а также основания дорожной одежды, снижает интенсивность процессов колееобразования на покрытии автомобильных дорог и экономические затраты на строительство и ремонт дороги.
4. Для песчаных и крупнообломочных грунтов наиболее подходит цементация или битумизация. Для глинистых — стабилизация с применением многокомпонентных композиций. Для укрепления переувлажненных грунтов разработаны методики применения синтетических смол. В результате взаимодействия стабилизаторов с составляющей грунтов образуются материалы, обладающие повышенной прочностью, морозостойкостью и долговечностью.
5. Современные методы возведения фундаментов в стесненных обстоятельствах обладают значительными преимуществами по сравнению с традиционными и могут лежать в основе новых технологий строительства и укрепления фундаментов.

В ходе выбора метода искусственного улучшения свойств слабых грунтов необходимо учитывать: положение горных пород, состав, физическое состояние, гидродинамические условия, технические возможности (достигаемая прочность грунтов), экономическая целесообразность.

Список использованной литературы:

1. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – Введ. 2013-01-01. Изд-во Стандартиформ, 2013. – 42 с.
2. Справочник дорожного мастера. Строительство эксплуатация и ремонт автомобильных дорог. Учебно-методическое пособие. М: Изд-во Инфра-Инженерия. 2005. 1115 с.
3. В. В. Ушаков. Справочник дорожных терминов. М: Изд-во ЗАО "Экон-информ". 2005. 303 с.
4. Ахметова К. Ю., Сиряченко Л. В., Меньшикова Н. В., Краснов Е.С. Опыт проектирования и строительства земляного полотна на слабых грунтах в Пермском крае// Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. Изд-во: Пермский национальный исследовательский политехнический университет. 2017. №2. С. 29-40.
5. СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85 (с Изменением N 1) – Введ. 2013-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2013. – 114 с.
6. Далматов Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты. Ленинград: Изд-во Стройиздат Ленинградское отделение, 1988. 415 с.
7. Мангушев Р. А., Карлов В. Д., Сахаров И. И., Осокин А. И. Основания и фундаменты. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2011. 394 с.
8. Подольский В. П., Ван Лонг Нгуен, Дык Ши Нгуен. О возможности расширения ресурсной базы дорожного строительства за счет стабилизации и укрепления грунтов. Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. 2014. № 1 (33). С. 102-111.
9. Романенко И. И., Петровина И. Н. Стабилизация грунта неорганическими вяжущими // Интернет-журнал Науковедение. Изд-во: Общество с ограниченной ответственностью «Издательский центр «Науковедение». 2014. №6(25). С. 1-10.
10. Дык Ши Нгуен. Повышение устойчивости насыпи земляного полотна, укрепленной комплексными добавками // Научный журнал строительства и архитектуры. Изд-во: Воронежский государственный технические университет (Воронеж). 2012. №1. С. 117-124.
11. Тарасова М. В., Троценко И. А. Техничко-экономическая эффективность применения различных грунтов, укрепленных цементом // Вестник ОмГАУ(Омск). 2016. № 4 (24). С. 254-264.
12. Тимофеева Л. М., Краснов Е. С. Об усилении сваями слабых оснований земполотна автомобильных дорог // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. Изд-во: Пермский национальный исследовательский политехнический университет. 2012. №1. С. 65-75
13. Киричек Ю. А., Комиссаров Г. В. Методы устройства искусственных оснований из грунтоцемента под фундаменты мелкого заложения // Вестник Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. Изд-во: Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры (Днепропетровск). 2014. № 7(196). С. 15-19.

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

14. «Гибкие сваи»: применение в дорожном строительстве и моделирование работы основания [Электронный ресурс]. URL: http://www.geo-allianz.ru/documentation/gibkie_svai/ (дата обращения: 14.05.2018).

15. Игошева Л.А., Гришина А.С. Обзор основных методов укрепления грунтов основания // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. Изд-во: Пермский национальный исследовательский политехнический университет. 2016. №2. С. 5-21.

16. Бройд И.И. Струйная геотехнология: учеб. пособие. М.: АСВ. 2004. 448 с.

17. Мангушев Р. А., Усманов Р. А., Ланько С. В., Конюшков В. В. Методы подготовки и устройства искусственных оснований. М., СПб.: Изд-во АСВ, 2012. 266 с.

18. Стабилизация грунтов полифилизаторами «ПГСЖ 1», «ПГСБ 2» и «ПГСП 3» [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.rusnano.com/upload/images/documents/2012-11-02_FIEP_ФИПП_Инновационная_дорога_MD-Systems.pdf (дата обращения 16.05.2018)

19. Машенко А. В., Пономарев А. Б. Влияние армирования геосетки на механические характеристики водонасыщенных грунтов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. Изд-во: Пермский национальный исследовательский политехнический университет. 2015. №3. С. 81-92.

20. Пономарев А. Б., Клевеко В. И., Татьянников Д. А. Анализ изменения прочностных характеристик геосинтетических материалов в процессе эксплуатации // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. Изд-во: Пермский национальный исследовательский политехнический университет. 2014. №3. С. 11-16.

21. Басараб, А. В. Современные методы устройства фундаментов в стесненных условиях // Молодежь и наука: сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярск [Электронный ресурс]. URL: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/section099.html> (дата обращения: 17.05.2018)

22. Federal Highway Administration Design Manual: Deep Mixing for Embankment and Foundation Support. 2013. 248 p.

23. Петренко В. Д., Тютюкин А. Л., Святко И. А. Методика определения параметров укрепления слабых оснований земляного полотна с помощью струйного закрепления // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. Изд-во: Пермский национальный исследовательский политехнический университет (Пермь). 2014. №1. С. 504-505.

24. Ле Суан Тхо. Обеспечение стабильности слабых оснований дорожных насыпей с помощью грунтоцементных свай: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. тех. наук (05.23.11) / Ле Суан Тхо; МАДИ. Москва, 2011. 146 с.

25. Богов С. Г. Адаптация струйной технологии для целей освоения подземного пространства в исторической части Санкт-Петербурга в условиях слабых грунтов // Жилищное строительство. Изд-во: Рекламно-издательская фирма «Стройматериалы» (Москва). 2014. №3. С. 25-29.

26. Носков И. В., Гатилов Ю. А., Осипова М. А. Современные технологии усиления оснований в грунтовых условиях Алтайского края // Ползуновский вестник. Изд-во: Алтайский государственный политехнический университет (Барнаул). 2013. №4-1. С. 22-25.

27. Шешеня Н. Л. Опыт применения защитных мероприятий по повышению несущих свойств слабых грунтов оснований зданий и сооружений // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. Изд-во: Композит XXI век (Москва). 2013. №10(177). С. 33-37.35

28. Киричек Ю. А., Комиссаров Г. В. Методы устройства искусственных оснований из грунтоцемента под фундаменты мелкого заложения // Вестник Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. Изд-во: Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры (Днепропетровск). 2014. № 7(196). С. 15-19. Федеральный законот 26.07.2006 N 135-ФЗ «О защите конкуренции» [Электронный ресурс] - СПС. «Консультант Плюс» (Дата обращения: 26.02.2018)

Дата поступления в редакцию: 09.02.2019 г.

Опубликовано: 09.02.2019 г.

*© Академия педагогических идей «Новация». Серия «Студенческий научный вестник»,
электронный журнал, 2019*

© Гуртяк М.А., 2019