

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РАБОТОСПОСОБНОСТИ АРМИРОВАННЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ

И. В. Носков, А. С. Вдовыдченко

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Приводятся различные способы улучшения свойств грунтовых оснований: конструктивные методы, замена, уплотнение, закрепление и армирование грунтов. Рассмотрены различные способы армирования оснований, такие как армирование верхнего контактного слоя; одно- и многорядное армирование горизонтальными прослойками (слоистое армирование); армирование вертикальными и наклонными одномерными элементами; смешанное армирование двумерными и одномерными элементами различной ориентации. Представлены на сегодняшний день одни из основных армирующих материалов - геосинтетики.

Ключевые слова: грунт, основание, деформации, армирование, грунтовый массив, геосинтетики, методы армирования, эффективность, работоспособность.

В Алтайском крае широко распространены грунты, в которых под влиянием внешних условий появляются существенные вертикальные деформации: структурно-неустойчивые, слабые и техногенные грунты. В данном случае дополнительные затраты при возведении фундаментов сооружений в подобных грунтовых основаниях могут составлять значительные суммы – до 20% с общей сметной стоимости строительства. Известно, что способы усовершенствования свойств грунтов дают возможность уменьшить цену строительства обычных фундаментов. Помимо этого, в отдельных грунтах в отсутствие предварительной подготовки оснований строительство вообще осуществлять нельзя. Кроме того, в ходе эксплуатации сооружения может происходить изменение свойств грунтов из-за разных внешних условий, что влияет на прочность и безопасность эксплуатации основания фундаментов [1].

Улучшение свойств грунтовых оснований может быть достигнуто осуществлением ряда мероприятий, к которым можно отнести: конструктивные методы, замена, уплотнение, закрепление и армирование грунтов [1].

В настоящее время существенное распространение в геотехнической практике строительства приобрели методы усовершенствования грунтов с помощью геосинтетических материалов, которые применяются с целью различных методов армирования грунтовых массивов. Это обусловлено тем, что местный грунт является одним из наиболее недорогих и доступных материалов на строительной площадке.

Наиболее массово армирование грунтовых оснований используется с целью усиления оснований зданий и сооружений, в транспортном строительстве, а кроме того при сооружении хранилищ различных материалов.

Армирование геосинтетическими материалами грунтовых оснований, которые подвержены деформациям, является одним из способов улучшения прочностных и деформационных свойств грунта, а также позволяет уменьшить затраты на устройство подготовительных работ. Однако работа армированных оснований при деформациях грунтовых массивов, характерных для территории Алтайского края, на сегодняшний день недостаточно изучена. Поэтому анализ эффективности и работоспособности армированных грунтовых оснований является актуальной задачей в нашем регионе.

Целью проведенных исследований являлась оценка эффективности и работоспособности армированных грунтовых оснований при деформациях грунтовых массивов, на основе экспериментально-теоретических исследований.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- Изучение современных методов армирования грунтовых оснований.
- Анализ экспериментальных исследований в области армирования грунтовых оснований.
- Анализ эффективности и работоспособности армированных грунтовых оснований.

В настоящее время армирование используется как один из методов усиления

слабых, сильно сжимаемых, а также структурно-неустойчивых грунтов.

Применение такого типа усиления позволяет целенаправленно изменять физико-механические свойства грунта, повысить несущую способность и уменьшить деформативность основания, выровнять неравномерность деформаций за счет перераспределения напряжений и положительно влияет на устойчивость оснований при статических, а также динамических нагрузках. Использование армирующих материалов в строительстве имеет множество преимуществ. Основным эффектом от их применения связан со значительным повышением надёжности и долговечности строительных конструкций, а также экономической выгодой и в некоторых случаях строительство может быть продолжено сразу же после окончания работ по изготовлению армирующих элементов, не дожидаясь, когда они наберут проектную прочность.

Применяются различные способы армирования грунтовых оснований:

- армирование верхнего контактного слоя грунта основания;

- одно- и многорядное армирование грунта основания горизонтальными прослойками (слоистое армирование);

- армирование вертикальными и наклонными одномерными элементами;

- смешанное армирование двухмерными и одномерными элементами различной ориентации.

Армированный грунт, или армогрунтовая конструкция – это композитная среда, свойства которой зависят как от свойств самого грунта, так и от свойств, размеров, формы, количества и характера расположения армирующих включений. В такой среде сам грунт, в котором расположена арматура, называется матрицей. Включения, введенные в грунт для изменения его свойств, – это армирующие элементы. В зависимости от относительных размеров и формы армирующих элементов грунт подразделяется на:

- дисперсно-упрочненный;

- линейно-армированный;

- двухмерно- армированный, в том числе одно- и разнонаправлено;

- трехмерно-армированный.

Действующие нормы не позволяют рассчитывать армированные грунтовые основания, с учетом их реального условия деформирования. В связи с этим возникает необходимость в проведении исследований и разработке усовершенствованных методов расчета, как с учетом совместного деформиро-

вания грунтов и армирующих элементов, так и с учетом податливости их в зоне контакта.

На сегодняшний день одними из основных армирующих материалов являются геосинтетические материалы – геосинтетики. Геосинтетика – это материал, в котором как минимум один компонент изготовлен из синтетического полимера в виде полотна, лент или трехмерной структуры, используемый в контакте с грунтом и (или) другими строительными материалами для создания дополнительных слоев различного назначения, могут выполнять функции армирования, фильтрации, разделения и дренирования и обладают качественно новыми свойствами по сравнению с традиционными строительными материалами. Геосинтетические материалы применяются в дорожном строительстве, в строительстве туннелей, газо- и нефтепроводов, при строительстве гидротехнических сооружений, накопителей и полигонов по захоронению отходов и многих других областях строительства.

Использование в строительстве геосинтетических материалов имеет множество преимуществ. Основным эффектом от применения геосинтетических материалов связан со значительным повышением надёжности и долговечности строительных конструкций, а также большой экономической выгодой и сокращением времени строительства. Геосинтетические материалы сочетают в себе высокие физико-механические характеристики: высокая прочность, химическая стойкость, долговечность, высокая температуростойкость, низкая материалоемкость, отличные гидравлические свойства. По структуре геосинтетические материалы подразделяются на геотекстиль, георешетки, геосетки, геоконпозиты, геоматы, геоканеры, геомембраны.

Отличительные особенности между различными типами геосинтетики представлены на рисунке 1. Геотекстили бывают тканые, нетканые, вязаные и связанные стежкой.

В настоящее время имеется большое разнообразие доступных геосинтетических продуктов. Они производятся различной формы, из различных полимеров, отличаются по способам изготовления, массе, толщине и т.д. В связи с этим геосинтетические продукты имеют значительные различия в физических и механических свойствах. Таким образом, определение проектных характеристик усложняется, хотя методики и оборудование для испытаний значительно продвинулись за

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РАБОТОСПОСОБНОСТИ АРМИРОВАННЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ



Рисунок 1 – Различные виды геосинтетических материалов (геосинтетика)

последнее время. Учет в расчетной модели всех свойств геосинтетика сложная задача. Материалы, из которых делается геосинтетика, обладают в общем случае свойствами анизотропии, нелинейной упругости, пластичности, вязкости, ползучести, а также зависимостью коэффициента Пуассона и модуля упругости от температуры [2].

Геосинтетическим материалам также присущи свойства зависимости от времени: ползучесть (изменение деформации при постоянной нагрузке) и релаксация (изменение напряжений при постоянной деформации).

Известно много работ, в которых описаны рассмотренные выше свойства. Непрерывные, с заданной скоростью деформации и циклические испытания на растяжение (рисунок 2) выполнялись на георешетках и показали нелинейный характер деформаций при растяжении с существенными пластическими деформациями [3]. Многие исследования показали (рисунок 3), что геосинтетикам присуще явление ползучести [3].

Улучшение характеристик грунтовых оснований при армировании геосинтетическими материалами рассматривается как следствие различных эффектов:

1. Эффект жесткой границы. Если глубина заложения верхнего слоя грунта достаточно велика, армирование будет действовать как жесткая граница, и разрушение будет происходить выше армирующей прослойки. Binquet и Lee (1975) впервые описали данный эффект, экспериментально он был подтвержден и другими исследователями (Khing, 1993; Omar, 1993; Ghosh и др., 2005).

2. Эффект натянутой мембраны вызывает увеличение несущей способности грунта основания под нагруженной областью и понижает возможность ее выпучивания.

При нагружении фундамент и грунт под ним перемещаются вниз. Как результат, армирующие элементы деформируются и растягиваются. Благодаря продольной жесткости в изогнутых армирующих элементах возникает сила, действующая вверх.

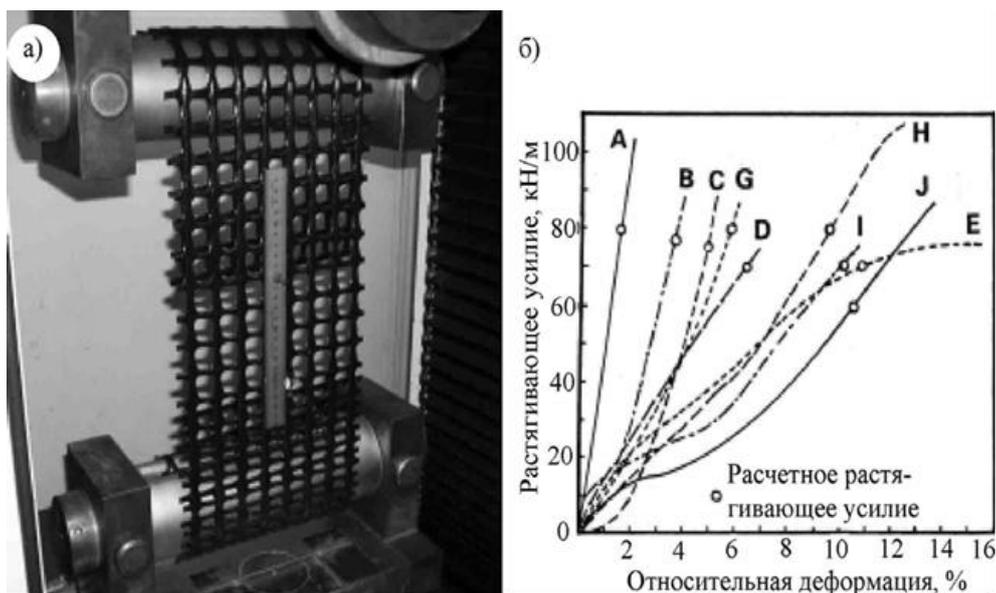


Рисунок 2 – Испытание образца геосинтетики на одноосное растяжение (а) и типичные результаты (б)

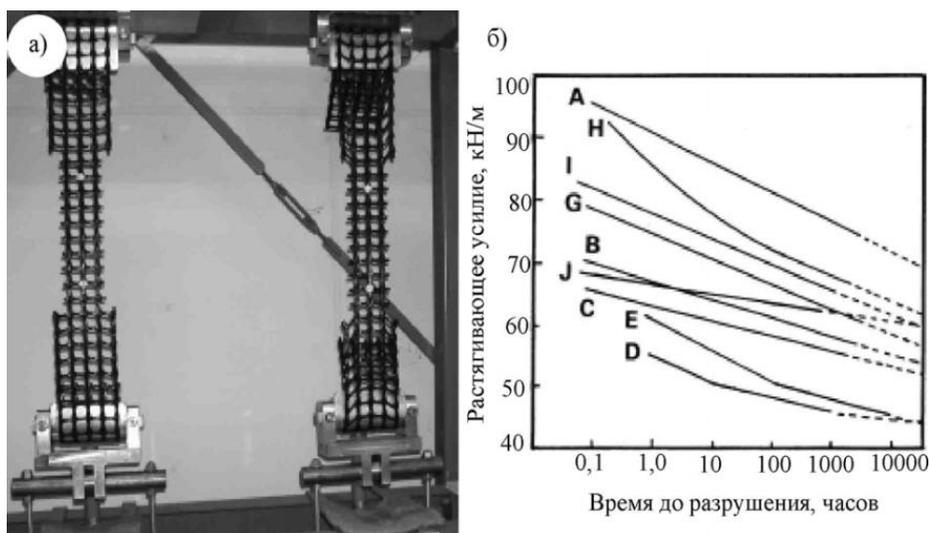


Рисунок 3 – Испытание на ползучесть (а) и типичные результаты (б)

Для мобилизации эффекта натянутой мембраны требуется некоторая величина осадки, а также достаточная прочность и длина армирующих элементов для предотвращения их разрыва и выдергивания. Vinquet и Lee (1975) одними из первых описали этот эффект, Kumar и Saran (2003) расширили его описание для квадратных в плане фундаментов.

3. Эффект обжатия (ограничения боковой деформации). Вследствие сдвига армирующих элементов в грунте на границе их контакта с грунтом возникает сила трения. Таким образом, армирование сдерживает

боковые деформации грунта, снижается осадка фундамента. Huang и Tatsuoka (1990) обосновали этот механизм, применив короткие армирующие элементы длиной b равной ширине фундамента B при армировании песков. Michalowski (2004) применил этот механизм усиления в анализе предельных состояний основания и вывел формулы для вычисления несущей способности ленточных фундаментов.

4. Эффект заглубленного основания. При размещении горизонтальных армирующих слоев с высокой жесткостью на растяжение под фундаментом, усиленная зона прямо

под фундаментом ведет себя как упругое грунтовое ядро из-за эффекта обжатия армированием. В данном случае армированное основание можно считать одним из вариантов фундаментов глубокого заложения.

5. Эффект широкой плиты. Механизм широкой плиты, как считается, является уширением заглубленного основания, когда усиленное упругое грунтовое ядро простирается в стороны за пределы ширины подошвы фундамента. Эффект широкой плиты впервые был отмечен Schlosser и др. (1983), подтвержден экспериментами и подробно описан Huang и Tatsuoka (1988, 1990).

В любом случае, увеличение несущей способности и снижение осадки усиленного геосинтетикой грунта происходит по причине увеличения сопротивления грунта сдвигу.

ВЫВОДЫ:

1. Геосинтетические материалы эффективно используются: для армирования грунтовых оснований при их работе их под статической и динамической нагрузкой; для предотвращения внутренней эрозии; разделения различных грунтов; обеспечения дренажа; защиты склонов; увеличения несущей способности и снижения осадки.

2. Несмотря на широкое применение геосинтетических материалов при армировании склонов, подпорных стен, насыпей и дамб, оснований резервуаров и трубопроводов, а в особенности в дорожном строитель-

стве, они практически не применяются при проектировании оснований для зданий и сооружений, в т.ч. и в нашем регионе.

3. Вопросы взаимодействия армированных оснований с фундаментами требуют глубоких экспериментальных и теоретических исследований, чтобы дать возможность уверенно применять геосинтетические материалы при проектировании надежных оснований зданий и сооружений в Алтайском крае.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Носков, И. В. Усиление оснований и реконструкция фундаментов (учебник) / И. В. Носков, Г. И. Швецов, – М. : Абрис (лицензиат товар. знака «Высшая школа»), 2012. – 134 с.
2. Ingold, T. S. Laboratory pull-out testing of grid reinforcements in sand // Geotechnical Testing Journal. – 1983. – № 6 (3). – Pp. 101-111.
3. Akagi T., Chida S., Yamamoto C., Miki H. PWRC Certification of Geosynthetics // 3rd Asian Regional Conference on Geosynthetics. – 2004. – Vol. 1. – Pp. 363-369.

Носков И.В. – к.т.н., заведующий кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: noskov.56@mail.ru.

Вдовыдченко А.С. – студент группы 8С-51(з) ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова.