

АНКЕРНЫЕ СВАИ «АТЛАНТ»

Малинин Алексей Генрихович

Кандидат технических наук, член Тоннельной ассоциации России, академик МАУ, технический директор группы компаний «ИнжПроектСтрой».

Основное направление научной деятельности – применение специальных технологий в подземном строительстве.

Автор более 50 опубликованных работ, 6 патентов и 1 монография.

Малинин Дмитрий Алексеевич

Аспирант ПГТУ, ведущий инженер группы компаний «ИнжПроектСтрой».

Основные направления научной деятельности – освоение, разработка и применение современных технологий подземного строительства.

Автор 6 опубликованных работ и 2 патентов.

В статье приведен обзор новой отечественной технологии устройства анкерных свай «Атлант» и результаты экспериментального исследования данного типа свай.

Введение.

Российские строительные предприятия в рамках современного экономического кризиса вынуждены искать способы удешевления строительно-монтажных работ. При этом часто бывает, что выполнение работ с применением отечественных материалов и технологий не является технически возможным, а применение современных зарубежных технологий и материалов – экономически не выгодным.

Компанией «ИнжПроектСтрой» разработана и успешно применяется новая технология устройства анкерных свай «Атлант», которая на сегодняшний день является единственной отечественной альтернативой известной технологии «Titan».

В отличие от своего зарубежного аналога технология имеет более низкую стоимость благодаря применению стандартных высокопрочных труб, массово выпускаемых российскими металлургическими заводами.

Область применения технологии достаточно широка. Как своеобразный тип буроинъекционных свай они могут применяться для строительства свайных фундаментов, а также для усиления фундаментов реконструируемых зданий и сооружений, а как анкеры - для крепления бортов котлованов, откосов, подпорных стен и т.д.

1. Сущность технологии устройства анкерных свай «Атлант».

«Атлант[®]» - это запатентованная авторами технология устройства анкерных свай [1,2,3], основанная на использовании в качестве специальных теряемых буровых штанг полых высокопрочных труб, которые по окончании бурения оставляют в скважине в качестве армирующего элемента сваи или тяги анкера. Трубы соединяются между собой муфтами с конусной резьбой, обеспечивающей высокую прочность соединения.

В сущности, технология «Атлант» является отечественным аналогом технологии «Titan». В обоих случаях основой технологии является бурение скважин с помощью штанг, которые после окончания бурения не извлекают, а оставляют в скважине. После твердения цементного раствора в грунте формируется цементная свая, армированная центрально расположенной штангой (рис.1).

2. Технология устройства анкерных свай «Атлант».

Устройство анкерных свай «Атлант» состоит из следующих технологических операций:

1. Бурение скважины до проектной отметки с использованием цементного раствора с В:Ц=1,0. Цементный раствор выполняет две функции. Во-первых, данный раствор является буровым раствором, транспортирующим частицы разрушенного грунта на поверхность. Во-вторых, цементный раствор является первичным инъецирующим раствором, который заполняет пустоты, трещины и пропитывает окружающий грунт. Именно поэтому особенно важно, что бы в процессе бурения раствор постоянно изливался из устья скважины, т.к. наличие выхода раствора на поверхность гарантирует качество инъекции окружающего грунта.

2. Опрессовка скважины более густым цементным раствором В:Ц=0,4...0,6, в процессе которой формируется оболочка из чистого цементного камня высокой прочности.

В том случае, если технология применяется для устройства анкеров, дополнительно применяют систему крепления анкера к обвязочному поясу.

По сравнению с другими технологиями устройства микросвай или анкеров технология «Атлант» имеет ряд преимуществ:

- Устранение "многодельности" работ, т.к. бурение скважины, устройство тела анкерной сваи и армирование выполняется одновременно.

- Повышение производительности труда приблизительно в 5-10 раз по сравнению с устройством традиционных буроинъекционных свай или грунтовых анкерных конструкций.

- Возможность устройства анкеров и свай в неустойчивых грунтах без применения обсадных труб.

- Возможность применения малогабаритных буровых станков для работ по усилению фундаментов из подвалов существующих зданий, в стесненных пространствах подземных сооружений.

- Отсутствие негативного воздействия на существующие фундаменты здания.

- Возможность производства работ в заводских цехах без остановки производственного процесса.

- Снижение затрат ручного труда.

3. Конструкция штанг «Атлант»

В технологии «Titan» в качестве штанг используются полые трубчатые элементы с накатанной волновой поверхностью, обеспечивающей качественный контакт между трубчатым элементом и цементным камнем. Между тем, высокая стоимость накатки, определяющая стоимость всей технологии, ограничивает распространение технологии в нашей стране, особенно в условиях экономического кризиса.

В технологии «Атлант» предлагается использовать в качестве штанги трубу с гладкой поверхностью. Подобное решение позволяет значительно уменьшить стоимость технологии за счет применения стандартных труб, выпускаемых отечественной промышленностью.

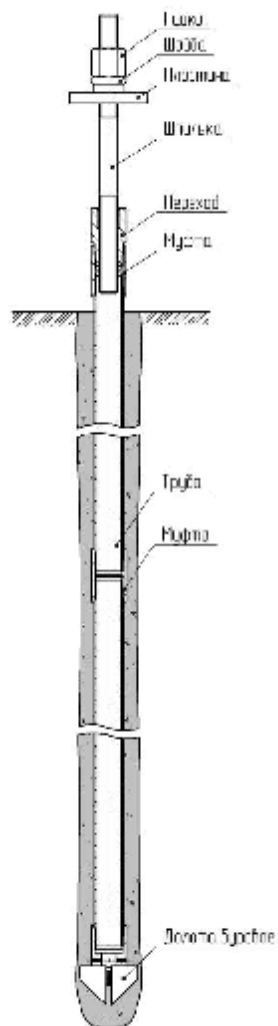


Рис.1.Конструкция анкерной сваи «Атлант»

Из всего многообразия сортаментов труб приведем характеристики только одной категории труб, изготовленных из легированной конструкционной стали, и широко применяемых в своей практике предприятием «ИнжПроектСтрой» (табл.1).

Таблица 1.

Расчетные характеристики материала штанг «Атлант»

Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Предел текучести, МПа	Нагрузка на пределе текучести, кН	Временное сопротивление, МПа	Предельная нагрузка на разрыв, кН
60	5,0	491	410	687	573
73	5,5	491	554	687	776

89	6,5	491	804	687	1125
114	7,0	491	1125	687	1575

Практика показывает, что использование гладких труб не снижает существенно несущую способность свай (анкеров). Это объясняется достаточным по величине сцеплением между поверхностью трубы и цементным камнем. Следует иметь в виду, что прочность контакта обеспечивается не только шероховатостью поверхности, но и действием «обжимающих» усадочных напряжений в цементном камне, возникающих в процессе твердения раствора, а также действием гидростатического давления грунта на цементную оболочку. Совокупность всех факторов приводит к тому, что в большинстве случаев свая (анкер) срывается по грунту, а не по контакту «труба - цементная оболочка».

Важной конструктивной особенностью штанг «Атлант» являются специальные анкерные элементы (гомогенизаторы). Они выполняют несколько функций:

- улучшение проработки скважины при бурении и увеличение ее диаметра;
- гомогенизация цементной смеси при опрессовке;
- повышение несущей способности анкерной сваи.

В случае устройства анкера гомогенизаторы целесообразно монтировать только на штангах, которые будут расположены в корневой части анкера, а в случае сваи это достаточно сделать только на тех частях трубы, которые в последующем будут расположены в наиболее прочном слое грунта.



Рис.2. Анкерные штанги «Атлант»

3. Испытание анкерных свай с использованием гладкой трубы.

В г. Екатеринбурге предприятием «ИнжПроектСтрой» были выполнены работы по усилению фундамента жилого дома сваями «Атлант» с использованием трубы диаметром 73 x 5,5 мм с гладкой поверхностью. Трубы длиной по 1,0 м соединяли муфтами диаметром 89 мм. Перед началом работ были проведены испытания, которые включали в себя испытания свай вдавливающей и выдергивающей нагрузкой.

Сваи длиной 30 м были устроены в глине от мягкопластичной до полутвердой консистенции с прослоями разрушенных скальных пород. Работы по устройству свай производили из подвала здания. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Интересно, что несущая способность на вдавливание получилась несколько ниже, чем на выдергивание. Это, отчасти, объясняется тем, что в одном случае испытательский стенд потерял устойчивость при вдавливающей нагрузке, близкой к предельной нагрузке по материалу штанг «Атлант», составлявшей 573 кН.

Таблица 2.

Результаты испытаний свай

Тип нагружения	Количество испытаний	Средняя несущая способность, кН
Вдавливание	3	565
Выдергивание	4	582

Анализ результатов показывает, что несущая способность свай при вдавливании и выдергивании является практически одинаковой (в рамках погрешности испытаний). Это объясняется малым диаметром свай и их большой длиной. Основной вклад дает сцепление свай с грунтом, а сопротивлением грунта под подошвой свай является малой величиной, не влияющей на конечный результат. Именно по этим причинам данный тип свай получил наименование «анкерная свая», т.е. эти сваи можно рассматривать как традиционные буроинъекционные сваи, а также как анкеры.

Испытания убедительно подтвердили возможность применения гладкой трубы для достижения высокой несущей способности при вдавливающей и выдергивающей нагрузке, сопоставимой с предельной прочностью трубы на пределе текучести.

4. Сравнение анкеров «Атлант» и анкеров «Titan».

При реконструкции межшлюзовых причальных сооружений канала Волго-Балт выполнялись опытные работы по проверке несущей способности грунтовых анкеров для крепления шпунтовой стенки.

В рамках испытаний были устроены 3 анкера «Атлант» длиной 12 м и 10 анкеров «Титан» различной длины. Всего было выполнено 3 опытных участка в различных геологических условиях (в супесях и мягкопластичных глинах), присутствующих в рамках строительной площадки. Диаметр бурового долота у всех анкеров составлял 150 мм, а анкера «Атлант» были оснащены гомогенизаторами.

Из результатов испытаний анкеров выдергивающей нагрузкой видно, что несущая способность анкеров «Атлант» в глинистых грунтах выше несущей способности «Титан» (Табл.3). Это связано с наличием в конструкции гомогенизаторов, которые в процессе бурения улучшают качество проработки скважины и, соответственно, увеличивают диаметр тела анкера.

Таблица 3.

Результаты испытания опытных анкеров
«Атлант» и «Титан»

Номер анкера	Тип анкера	Длина анкера, м	Тип грунта	Предельная нагрузка, кН	Характер разрушения
3	Titan 40/16	12	супесь	534	Разрушение по материалу
A1	Атлант 89х6,5	12	супесь	550	Разрушение опорной плиты
5	Titan 40/16	12	глина	404	Срыв анкера по грунту
6	Titan 40/16	12	глина	269	Срыв анкера по грунту
9	Titan 40/16	12	глина	387	Срыв анкера по грунту
A2	Атлант 89х6,5	12	глина	505	Предельное усилие домкрата
A3	Атлант 89х6,5	12	глина	455	Разрушение опорной плиты

По результатам испытаний анкера «Титан» в зоне глинистых грунтов пришлось удлинить с 12 м до 15 м для обеспечения проектной несущей способности, что не потребовалось бы в случае применения анкеров «Атлант».



Рис.3. Установка рабочих анкеров

5. Сопоставление свай с использованием гладкой трубы и трубы с дополнительными анкерными элементами.

В г. Перми при строительстве административно-торгового здания были выполнены работы по ограждению котлована с применением анкеров «Атлант».

Грунтовый массив в пределах площадки сложен из песка с верхним метровым слоем насыпного грунта.

Для определения влияния дополнительных анкерных элементов были выполнены опытные работы по выдергиванию свай «Атлант» длиной 3,0 м с различными конструктивными особенностями.

Опытные анкера различались диаметром буровой головки (114 мм, 150 мм, 180 мм) и типом армирования:

- тип «А» – труба $\text{Ø}73 \times 5,5$ мм с гладкой поверхностью;
- тип «Б» – труба $\text{Ø}73 \times 5,5$ мм с отрезками арматурных стержней, приваренных попарно на равном расстоянии по всей длине трубы.



Рис.4. Откопанная опытная анкерная свая «Атлант»

Сваи испытывали выдергивающей нагрузкой. В последствии все сваи были откопаны (рис.4) для измерения фактического диаметра. Результаты измерений приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Фактический диаметр анкерных свай «Атлант»

№ сваи	Тип сваи	Диаметр буровой головки, мм	Фактический диаметр сваи, мм	Коэффициент увеличения диаметра	Средний коэффициент увеличения диаметра
1	А	127	128	1,01	1,05
2		150	162	1,08	
3		180	192	1,07	
4	Б	127	178	1,40	1,21
5		150	172	1,15	
6		180	196	1,09	

Анализ результатов измерений показывает, что при использовании труб с анкерными элементами диаметр свай увеличивается на 21 % в отличие от гладких труб, у которых увеличение диаметра составляет всего 5%.

Отметим, что анкерные элементы, по сути, являются «лопастями» своеобразного линейного миксера. В той области, где они работают,

формируется тело сваи из чистого цементного камня высокой однородности и прочности. За пределами этой области цементная оболочка может содержать не промешанный грунт (рис.5).

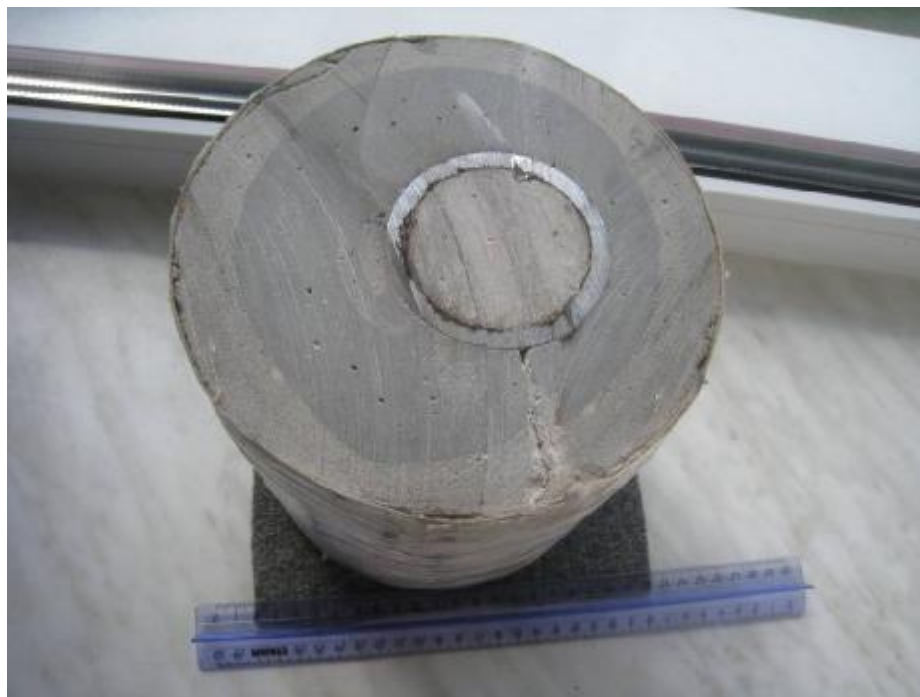


Рис.5. Сечение сваи «Атлант».

На рисунке 6 показан график несущей способности анкерных свай с использованием гладкой трубы и трубы, оснащенной анкерными элементами. Установлено, что применение анкерных элементов повышает несущую способность свай в 1,5 - 2 раза.

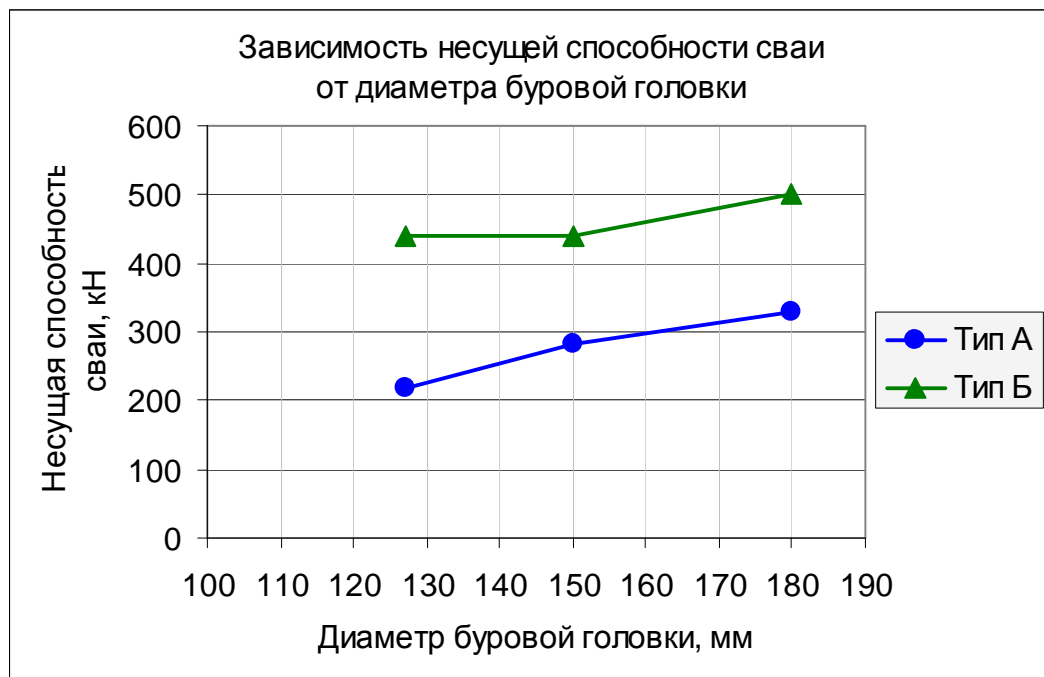


Рис.6.

Таким образом, сваи «Атлант» с использованием штанг, оснащенных гомогенизаторами, показали свою эффективность в повышении диаметра цементного тела и несущей способности.

Заключение.

Испытания показали «жизнеспособность» новой технологии устройства анкерных свай. Технология успешно была применена авторами на десятках объектах – устройстве геотехнических экранов, устройстве свайных фундаментов для технологического оборудования на ряде промышленных предприятий, анкерном креплении бортов котлованов, усилении фундаментов аварийных зданий и т.д.

Выполненные объекты вселяют уверенность, что данная технология найдет свое место при решении и других сложных задач подземного строительства.

Литература

1. Патент на полезную модель 74645. Свая / Малинин А.Г., Малинин П.А., Малинин Д.А. // Бюллетень изобретений. – 2008. – №18.
2. Патент на полезную модель 83517. Грунтовый анкер / Малинин А.Г.// Бюллетень изобретений. – 2009. – №19.
3. Патент на полезную модель 89538. Грунтовый анкер / Малинин А.Г., Малинин Д.А. // Бюллетень изобретений. – 2009. – №34.



СПЕЦИАЛЬНАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
