

ПРИМЕНЕНИЕ АНКЕРНЫХ СВАЙ «АТЛАНТ» В ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Малинин А.Г., технический директор «ИнжПроектСтрой»,
Малинин Д.А., аспирант ПГТУ

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», по своей технической сущности повторяющая известную технологию анкерных свай «ТИТАН».

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, основанная на использовании в качестве специальных теряемых буровых штанг полых высокопрочных труб, которые по окончании бурения остаются 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 «ТИТАН». 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, к последней трубе посредством дополнительного перехода пристыковывается шпилька. С помощью шпильки производится натяжение анкера, а также его крепление 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 анкеров.

- 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 «ТИТАН» 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.

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	Пределная 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 действию 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».

Между тем для полной гарантии обеспечения прочности контакта возможна последующая доработка труб. Первый вариант состоит в нанесении дополнительной шероховатости на поверхность трубы, например, наплавляя металл сварочными электродами или нарезаая мелкую резьбу по всей длине трубы.

Второй вариант доработки состоит в следующем – на трубы монтируют дополнительные анкерные элементы. Наиболее простым способом является приварка отрезков арматурных стержней (хотя можно приваривать и другие

профили). Причем в случае устройства анкера дополнительные элементы целесообразно монтировать только на отрезках труб, которые будут расположены в корневой части анкера, а в случае свай это достаточно сделать только на тех частях трубы, которые в последующем будут расположены в наиболее прочном слое грунта.

Далее приведем сравнение результатов испытаний анкерных свай, армированных гладкими трубами и трубами с дополнительными анкерными элементами.

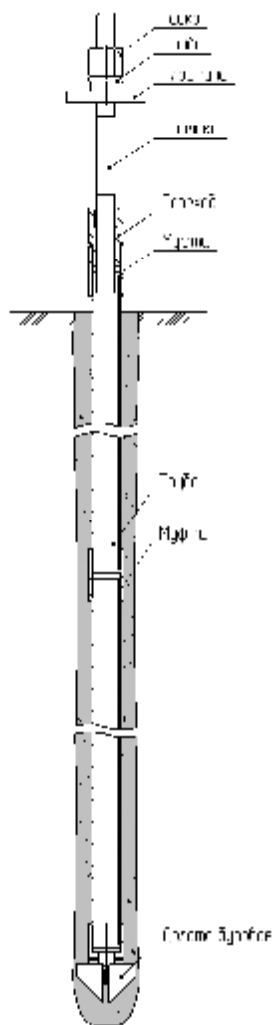


Рис.1.Конструкция анкерной сваи «Атлант»

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 3 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.

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 сваи с грунтом, а сопротивлением грунта под подошвой сваи 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.

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

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

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

В г. Перми при строительстве административно-торгового здания предприятием 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 наиболее оптимального типа анкеров «Атлант» были выполнены опытные работы по выдергиванию опытных свай длиной 3,0 м.

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

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

Сваи испытывали выдергивающей нагрузкой. В последствии все сваи были откопаны для измерения фактического диаметра. Результаты измерений приведены в таблице 3.

Таблица 3.

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%.

Увеличение диаметра происходит за счет дополнительного перемешивания грунта с цементом вокруг трубы. Анкерные элементы являются своеобразным линейным миксером. 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.2).

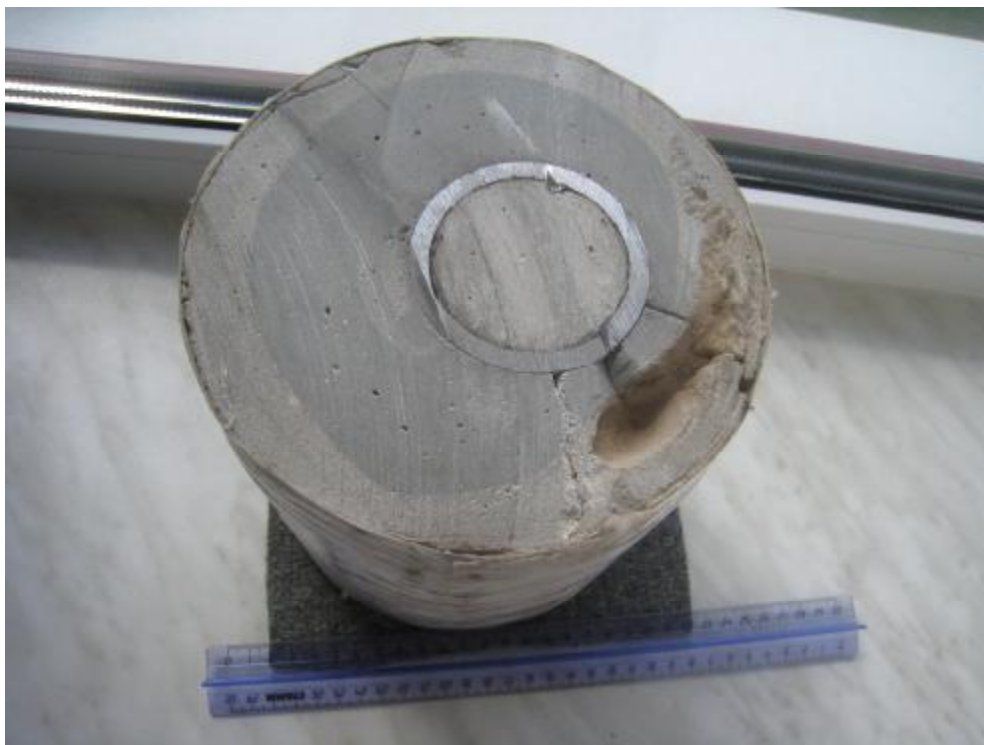


Рис.2. Сечение сваи «Атлант».

На рис.3 показан график несущей способности анкерных свай для гладкой трубы и трубы, оснащенной анкерными элементами. Установлено, что применение анкерных элементов повышает несущую способность свай в 1,5 -2 раза.

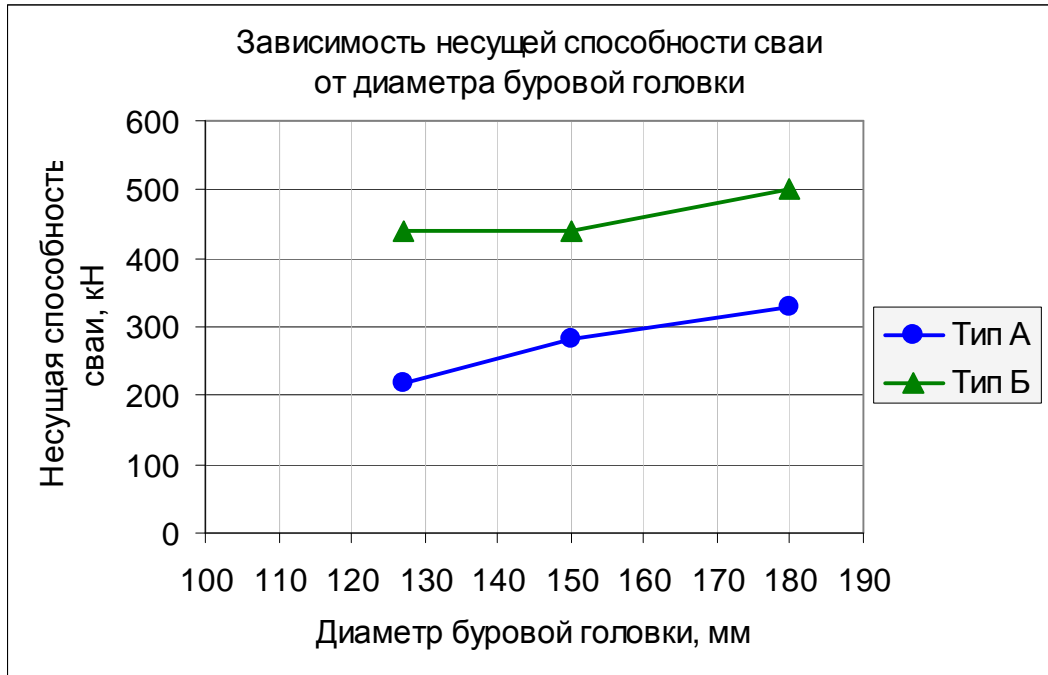


Рис.3.

5. Устройство свай «Атлант» с применением струйной технологии.

Еще одной, не менее важной, модификацией является совмещение технологий «Атлант» и технологии струйной цементации грунтов.

Для реализации струйной цементации буровую головку оснащают форсунками, а в муфтовое соединение устанавливают дополнительные уплотняющие элементы, способные выдержать давление 30-40 МПа.

Основным преимуществом данной технологии является существенное увеличение диаметра сваи в сравнении с устройством свай «Атлант» при низком давлении.

Все опытные сваи были испытаны выдергивающей нагрузкой и в последствии откопаны для измерения диаметра свай (табл. 4).

Сопоставление технологий показывает, что применение струйной цементации значительно увеличивает диаметр свай. Если при стандартной технологии «Атлант» диаметр свай обычно составляет 150-200 мм, то при использовании высоких давлений диаметр составляет 400-700 мм (рис.4).

Таблица 4.

 Результаты испытаний
 свай «Атлант», устроенных по струйной технологии

№ сваи	Тип сваи	Давление, атм.	Расход цемента, кг (В:Ц=0,8)	Расход цемента, кг/м ³	Средний диаметр сваи, мм	Несущая способность, кН
1	Б	100	200	566	387	376
2	Б	150	180	542	396	408
3	Б	200	200	503	411	439
4	Б	250	260	438	476	392
5	Б	300	340	366	658	329

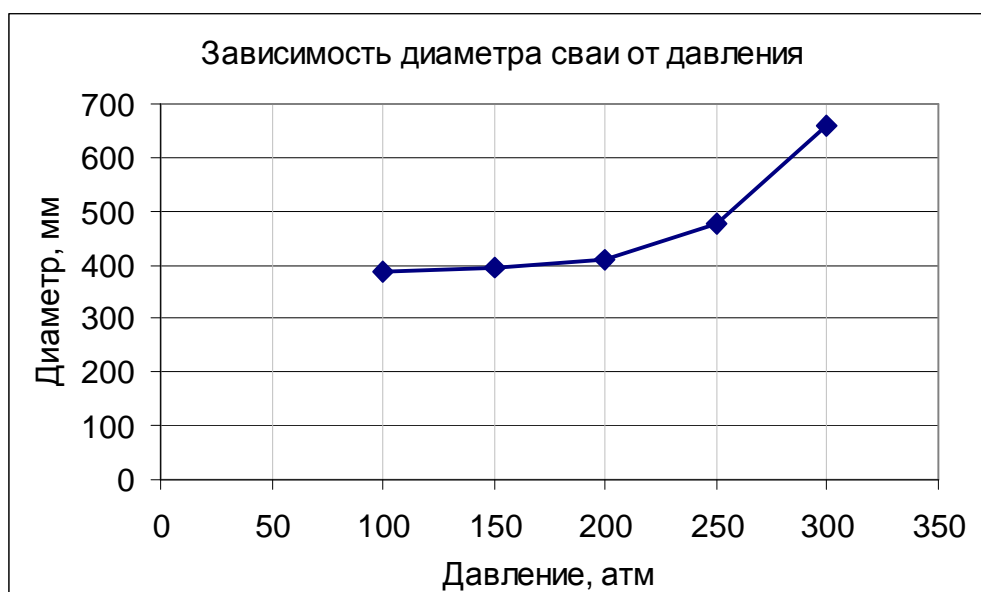


Рис.4.

Между тем, при повышенном диаметре несущая способность свай оказалась несколько ниже, чем в предыдущем случае. Это объясняется тем, что в случае стандартной технологии «Атлант» трубу окружает оболочка из чистого цементного камня прочностью 30-40 МПа. В случае использования струйной цементации вокруг трубы формируется оболочка из грунтоцемента с более низкой прочностью 2-10 МПа. Поэтому чаще всего в первом случае сваи срываются по грунту, а во втором – по контакту «труба - грунтоцементная оболочка».

Тем не менее, применение струйной технологии в ряде случаев совершенно оправдано. К таким случаям относится устройство свай в слабых грунтах, когда для обеспечения несущей способности следует увеличить диаметр свай. В других задачах увеличение диаметра свай необходимо для обеспечения пересечения свай, например, при создании технологических экранов между строящимися котлованами и близко расположенными зданиями и т.п.

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 сложных задач подземного строительства.