



Центр научно-технической информации и библиотек  
– филиал ОАО «РЖД»

## Дифференцированное Обеспечение Руководства

---

93/2024

### Стабилизация рельсового полотна с использованием винтовых микросвай (Великобритания)

Балластированный железнодорожный путь, проложенный по мягкому земляному полотну, часто имеет низкую жесткость, которая может привести к чрезмерной деформации пути во время движения поездов, а также к быстрому износу и риску схода поезда с рельсов. Стабилизация полотна включает в себя ряд инженерных работ по повышению его жесткости.

Эти вопросы рассматриваются уже давно. Следует отметить, что предел деформации пути зависит от ряда параметров, таких как осевая нагрузка и скорость движения поезда. Для обеспечения безопасной и комфортной езды, при самой тяжелой осевой нагрузке в Великобритании допустимо смещение пути до 4 мм, а при обычном пассажирском движении – в пределах 1-2 мм.

Обычно для решения проблем стабилизации используют сухое глубокое перемешивание грунта (цементные колонны), микронагрузки, георешетки, удаление или замену материала земляного полотна.

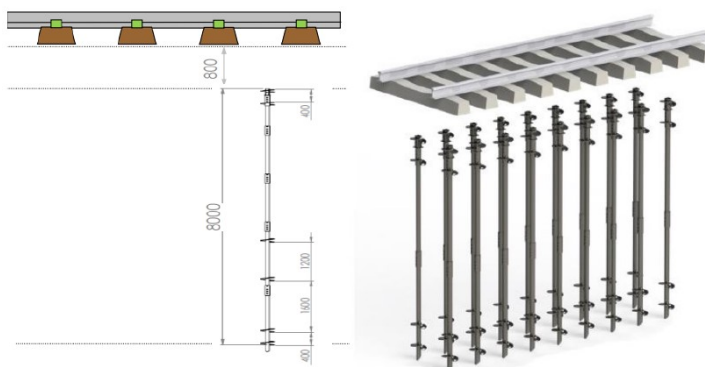
Некоторые из этих методов, такие как установка георешеток и их демонтаж не подходят для действующих линий, поскольку требуется замена рельсошпальной решетки, что ведёт к высоким затратам.

Фундаменты на винтовых микросваях обладают неоспоримыми преимуществами по сравнению с альтернативными методами забивки свай (сваи с цементным раствором или системы буронабивных труб). Винтовые сваи изготавливаются быстро и не требуют ожидания их затвердевания.

Они могут использоваться для стабилизации полотна на уже существующих линиях для укрепления нижних слоев мягкого земляного

полотна, а также в качестве альтернативного метода, позволяющего уменьшить необходимость в выемке грунта из очень глубоких слоев полотна.

Микросваи сооружаются с использованием стальных стволов со винтовыми пролетами (диаметр около 300 мм), приваренные вдоль ствола. Размер пролетов (длина и диаметр) варьируется в зависимости от параметров грунта. Винтовые пролеты обеспечивают фундаменту несущую способность как на растяжение, так и на сжатие. Типичная схема расположения микросвай с размерами и глубиной укладки показана на рис. 1.



*Рис. 1. Расположение микросвай длиной 8 м с двойной спиралью*

Назначение предлагаемой конструкции состоит в усилении и снижении напряжений в мягких слоях полотна (обычно торфяных или глинистых) путем переноса динамической нагрузки от движения поездов с элементов рельсового пути на более глубокие слои основания, улучшая вертикальную и поперечную устойчивость пути. Длина, глубина и расположение свай определяются с использованием данных исследования грунта и других характеристик линии, включая численный анализ (конечно-элементное моделирование и расчеты), детальные исследования основания пути и геофизические исследования, SPT (стандартный тест на проникновение) и DPSH (динамическое зондирование сверхтяжелых материалов), чтобы определить тип грунта и изменение его прочности с глубиной. Существуют также другие методы, такие как дефлектометр падающего веса, который может определить параметры жесткости и критической скорости.

Винтовые сваи проектируются с учетом особенностей конкретного места. Правильный размер и конфигурация винтовых свай зависит от множества факторов. Длина свай должна соответствовать толщине слоя мягкого земляного полотна, и рекомендуется устанавливать два винтовых пролета на расстоянии 0,7 м между собой.

Монтаж микросвай может осуществляться с использованием автомобильного и железнодорожного транспортного средства, оснащенного мачтой для забивки свай (SPIRIT Mast), которая разработана специально для установки микросвай (Smartpile). Мачта SPIRIT является продуктом

британского оператора инфраструктуры Network Rail. Винтовые микросваи требуют установки с высоким уровнем допуска по положению при одновременном учете крутящего момента на протяжении всего процесса установки (рис. 2).



Рис. 2. Оборудование для установки микросвай

Первая секция (направляющая) устанавливается путем приложения усилия вниз и вращательного момента по часовой стрелке. Дополнительные секции добавляются до тех пор, пока не будет достигнута требуемая глубина. Каждая секция закрепляется болтами в трубе винтовой сваи и затягивается. Значения крутящего момента записываются в журнал монтажа и используются для определения несущей способности сваи. Установка контролируется таким образом, чтобы предотвратить чрезмерное затягивание, которое может привести к повреждению балласта пути и земляного полотна. Заключительный этап – ввинчивание сваи в грунт с помощью приводного удлинителя до тех пор, пока верхушка сваи не окажется на 800 мм ниже основания шпалы, что измеряется с помощью направляющей на последнем пролете сваи. Та же процедура повторяется для каждого места установки сваи. Последовательность сборки Smartpile показана на рис. 3.

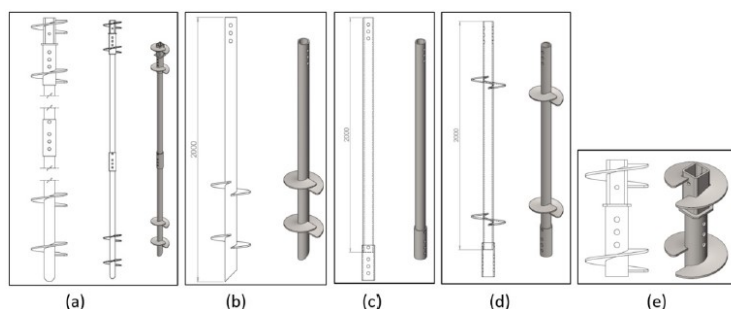


Рис. 3. (a) общий вид Smartpile, (b) направляющая 2 м, (c) обычная секция 2 м, (d) секция с 2 пролетами, (e) верхушка с двойной спиралью

В зависимости от требований, Smartpile могут устанавливаться как внутри, так и снаружи рельсового пути (рис. 4).

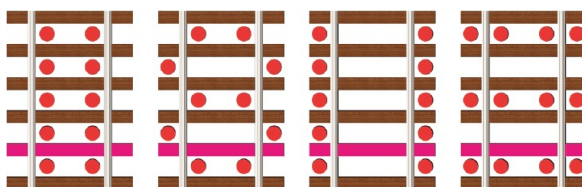


Рис. 4. Варианты расположения микросвай

В некоторых случаях геометрия пути не может быть восстановлена до необходимого уровня только при помощи микросвай. Важно, чтобы после была произведена трамбовка. В зависимости от интенсивности движения на участке рекомендуется завершить трамбовку в течение 4-8 недель после проведения работ по установке микросвай.

В ряде мест для укрепления полотна используются гибридные методы восстановления.

*Микросваи с георешетками:* Георешетку, заполненную гранулированным материалом, рекомендуется укладывать во время установки микросвай или во время проведения запланированных работ по обновлению железнодорожного полотна, чтобы дополнительно его укрепить и максимально увеличить нагрузку на микросваи и мягкое земляное полотно (рис. 5).

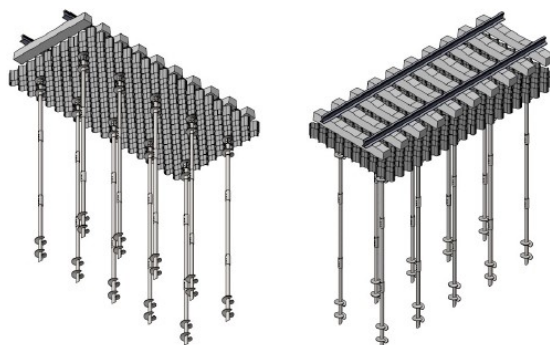


Рис. 5. Конструкция Smartpile с георешеткой – вид снизу(слева), вид сверху (справа)

*Микро-сваи с цементацией:* Как правило, цементация микросвай требуется не во всех случаях. Иногда рекомендуется заполнять микросваи цементным раствором для повышения их жесткости и уменьшения боковых прогибов. Это дает ряд преимуществ: повышается жесткость свай на изгиб, что может повысить поперечное сопротивление свай и, следовательно, поперечное сопротивление земляного полотна. Кроме того, повышается долговечность болтовых соединений свай, подверженных динамическим нагрузкам, уменьшается коррозия на внутренней стороне свай. При рассмотрении варианта цементации следует провести надлежащий проектный анализ, чтобы определить перемещение свай в соответствии с условиями места установки. Однако необходимо контролировать риск загрязнения и просадки поверхности грунта.

Применение микросвай дает неоспоримые преимущества по сравнению с альтернативными методами стабилизации полотна за счет повышения жесткости пути и эксплуатационных характеристик на существующих железных дорогах. Это решение особенно актуально в случаях, когда полотно построено на толстых слоях мягких грунтов и подвержено значительным деформациям. Этот метод успешно применялся в различных проектах в Великобритании и Ирландии. Мониторинги пути после укладки и измерения на месте установки показывают, что микросвай имеют ряд преимуществ. Доказано что они уменьшают вертикальные прогибы колеи, повышают её жесткость, снижают скорость ухудшения геометрии колеи, сокращают расходы на техобслуживание и улучшают поперечную устойчивость колеи.

Тем не менее, рекомендовано продолжить исследования и получить более широкий практический опыт для составления представления о преимуществах микросвай, включая всесторонний и долгосрочный мониторинг. Это поможет владельцам инфраструктуры более точно оценить эффективность микросвай.

*Источники: материал «A Guide To Track Bed Micro Piling» (англ. яз.)  
«Rail Trackbed Stabilisation Using Micro-Piling», thepwi.org, Vol.141  
Par 3, 07.2023 (англ. яз.)*