



Алексей АРХИПОВ,
д. т. н., генеральный
директор
ООО «Геодиагностика»



Дмитрий КОНЮХОВ,
к. т. н., профессор, заместитель
начальника нормативно-
технического управления
АО «Мосинжпроект»



Валерий КУЗНЕЦОВ,
директор Управления механизации —
филиала ОАО «Метрострой»

СТЕНА В ГРУНТЕ: ТЕХНОЛОГИЯ И КОНСТРУКЦИЯ

Если обратиться к истории, то нельзя обойти вниманием интересный факт: метод «стена в грунте» впервые был применен при сооружении Московского метрополитена в 1932 году. Технология, позволяющая в стесненных условиях сохранять существующую застройку, использовалась в СССР при строительстве городских подземных сооружений мелкого заложения, но широкого распространения не получила. Идея, однако, была подхвачена на Западе, и метод «стена в грунте», развитый и усовершенствованный, фактически вернулся в Россию в начале XXI века как «импорт». На сегодняшний день одни специалисты считают его давней и хорошо отработанной отечественной технологией, другие — зарубежной инновацией, которая еще не освоена до конца. Открытым также остается вопрос, в том числе, и для и петербургских строителей, — в любых ли инженерно-геологических условиях возможно устройство стены в грунте? Чтобы прояснить ситуацию, мы организовали на страницах этого номера обмен мнениями по данной теме между экспертами и специалистами-практиками.

В каких инженерно-геологических условиях можно применять технологию «стена в грунте»? Насколько это возможно в Санкт-Петербурге?

Игорь Харченко:

— Устройство ограждений котлована по технологии «стена в грунте» возможно в различных вариантах: траншейный, буросекущие сваи, монолитный, сборный, комбинированная схема и т. д. Всего известно более 20 способов. Решение принимается на основании их технико-экономического сравнения.

В сложных инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга возможно и целесообразно применять технологию «стена в грунте», как альтернативу шпунтовым ограждениям.

Алексей Архипов:

— Технология применима в широком диапазоне инженерно-геологических условий, в том числе в грунтах Санкт-Петербурга. Возможность устройства стены

в грунте в конкретных условиях должна определяться по результатам инженерно-геологических изысканий. Опасными факторами при этом являются наличие водонесных горизонтов с коэффициентом фильтрации в несколько десятков метров в сутки, погребенный строительный мусор, большая мощность прослоев текучих грунтов, изношенное оборудование и неквалифицированный персонал.

Дмитрий Конюхов:

— Отвечая на такие вопросы, прежде всего необходимо понять, о какой именно разновидности этой технологии идет речь. Стена в грунте может быть траншейной или свайной. Траншейная, в свою очередь, делится на монолитную, сборную, сборно-монолитную только с точки зрения технологии изготовления. А есть еще конструкции сложной геометрической формы, например, с контрфорсами, есть разделение по типу ограничителей захваток и прочее. Аналогичная ситуация и со стеной в грунте свайного типа. Сваи могут быть буронабивными, изготовленными по струйной, разрядно-импульсной технологиям, перемешиванием (Deep Soil Mixing). Естественно, для каждого из этих вариантов есть своя область применения, однако в целом можно сказать, что современное оборудование позволяет изготавливать стену в грунте практически в любых нескальных грунтах, в том числе, водонасыщенных.

Эта технология уже неоднократно применялась при строительстве подземных сооружений в Санкт-Петербурге.

Алексей Шашкин:

— Технология «стена в грунте» применяется во всем мире в разных инженерно-геологических условиях, в том числе, в подобных петербургским. Однако вопрос о том, применима ли она в нашем городе, пока что никак не связан с ее потенциальными возможностями. Насколько мне известно, на сегодняшний день, к сожалению, ни одна геотехническая компания, работающая в Петербурге, не смогла сделать стену в грунте без дефектов. Во-первых, часто встречаются включения грунта и глинистого раствора вместо бетона. Во-вторых, зачастую такая «стена» пропускает воду, как решето. Впору дать название «грунт в стене», по остроумному замечанию профессора Евгения Мироновича Перля.

Валерий Кузнецов:

— Метод «стена в грунте» чаще всего используется при слабых грунтах, крепостью 7–10 класса по шкале Протодьяконова, которые поддаются разработке с помощью штатных грейферов специальных строительных установок заводского производства. В Санкт-Петербурге технология, безусловно, применима и необходима.

Олег Маковецкий:

— Эта технология может применяться в любых дисперсных грунтах. В случае твердых включений природного или техногенного происхождения (крупные валуны, обломки бетонных конструкций, каменной кладки и др.) при проходке траншеи используется техника, оснащенная

ПОДЗЕМНЫЕ ГОРИЗОНТЫ №12. Март/2017



Олег МАКОВЕЦКИЙ,
к. т. н., заместитель
генерального директора
ОАО «Нью Граунд»



Игорь ХАРЧЕНКО,
д. т. н., профессор, начальник
отдела освоения подземного
пространства НИИ экспертизы и
инжиниринга МГСУ



Алексей ШАШКИН,
к. т. н., генеральный директор
ООО «ПИ Геореконструкция», член Санкт-
Петербургской экспертно-консультативной
комиссии по основаниям, фундаментам
и подземным сооружениям



ная фрезерным оборудованием. Мощность крутящего момента колес фрезы в совокупности с ее весом достаточна для того, чтобы разбивать грунт любого типа и крошить булыжник, небольшие валуны или слабые горные породы, либо срезать бетон со смежных панелей. Эта техника применяется при строительстве глубоких стен в грунте и стен, располагаемых в сыпучих материалах и мягком камне. Использование данной технологии позволяет устраивать протяженные вертикальные монолитные железобетонные конструкции шириной 600–1000 мм и глубиной до 32 м. В слабых водонасыщенных глинистых грунтах, в песках применяется телескопический грейфер.

Для выполнения конструкций применяется бетон класса прочности В30, с осадкой конуса 150–180 мм, что позволяет укладывать его методом вертикального подъема бетонолитной трубы. Марка по водонепроницаемости — W10–W12.

Элементы, выполняемые по этой технологии, используются в качестве ограждающих конструкций, воспринимающих давление грунта, подземной воды и полезные нагрузки. Отлаженные методы производства работ и контроля качества, высокая долговечность железобетона в условиях постоянного увлажнения позволяют обеспечить необходимую надежность и безопасность на весь эксплуатационный срок стены в грунте. Компания «Нью Граунд» применяла эту технологию в широком спектре сложных геологических условий Москвы, Перми, Краснодара, Самары, Уфы, Тюмени.

Основным критерием использования стены в грунте является ее экономическая эффективность по сравнению с другими возможными решениями. Этот способ является одним из наиболее прогрессивных и универсальных для устройства подземных сооружений, возводимых в открытых котлованах. Он позволяет осуществлять строительство в непосредственной близости от существующих зданий и сооружений:

- при значительной глубине нового сооружения (до 50 м);

- при больших размерах в плане и сложной форме объекта;

- при высоком уровне подземных вод, в слабых водонасыщенных грунтах.

Использование технологии «стена в грунте» в Санкт-Петербурге принципиально возможно, но каждый объект надо рассматривать в конкретной ситуации: конструктивное решение подземной части; геологические и гидрогеологические условия площадки строительства (колебания уровня подземных вод, их напор и агрессивность); техническое состояние окружающих зданий и сооружений. Разумеется, все работы следует проводить в сопровождении геотехнического мониторинга, прогнозируя и контролируя изменения во времени.

Известный практический опыт строительства в Санкт-Петербурге (подземная часть «Лахта-центра», вторая сцена Мариинского театра, здание Арбитражного суда) подтверждает возможность применения здесь стены в грунте, но вместе с тем свидетельствует и о больших сложностях при выполнении такого рода работ.

Как предотвратить брак в виде включений грунта и бентонита при изготовлении стены в грунте? Является ли этот дефект неизбежным? Как его можно компенсировать?

Игорь Харченко:

— Для исключения брака необходимо грамотно разработать технологические регламенты и строго их соблюдать. Включение грунта не является неизбежным дефектом. Необходимо осуществлять строгий контроль качества работ при устройстве траншеи, качества бентонитового раствора. Для устройства конструкции стены целесообразно применять самоуплотняющиеся бетонные смеси.

Алексей Архипов:

— Вероятность возникновения дефектов сопровождается любой сложной технологический процесс. Снижение риска их возникновения в стене в грунте обеспечивается качественным проектированием и строгим соблюдением всех технологических операций. Очевидно, что наличие дефектов в ограждении необходимо определять до начала проходческих работ неразрушающими методами, с целью разработки и реализации решений по усилению и защите. Технология проходки котлованов под защитой стен в грунте (www.geodiagnosics.ru) должна включать в себя закладку в армокаркасы трубок, выявление ослабленных зон (щебенности, дефектных стыков и т. п.) методом акустического и ультразвукового прозвучивания, а также защитную струйную цементацию типа «моноджет» с наружной стороны стены в интервалах выявленных ослабленных зон.

Дмитрий Конюхов:

— В целом нужно отметить, что подобные дефекты изготовления в первую очередь определяются культурой производства и уровнем квалификации непосредственных исполнителей, а также некоторыми «внешними» факторами: директивными сроками строительства,



финансированием, стремлением подрядчика к неоправданной экономии и т. п.

Алексей Шашкин:

— Подрядные организации каждый раз объясняют свой брак чуть ли не вмешательством потусторонних сил — подземными реками, напорными горизонтами подземных вод и т. п. На самом деле технология разработана как раз для сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условий. Достаточно держать уровень технологического раствора — бентонита — выше пьезометрического, и проблем нет. Но у наших подрядчиков, как правило, проблемы есть. Их причина проста — низкая квалификация.

Валерий Кузнецов:

— Идеальной стены в грунте добиться сложно и даже экономически нецелесообразно. Включения грунта и бентонита можно значительно сократить, строго соблюдая технологию производства и применяя качественный бентонит максимальной концентрации. И не используя бентонитовый раствор повторно, а полностью обновляя его после изготовления секции стены. Причем надо учитывать и то, что в России выпускается очень мало бентонита хорошего качества.

Олег Маковецкий:

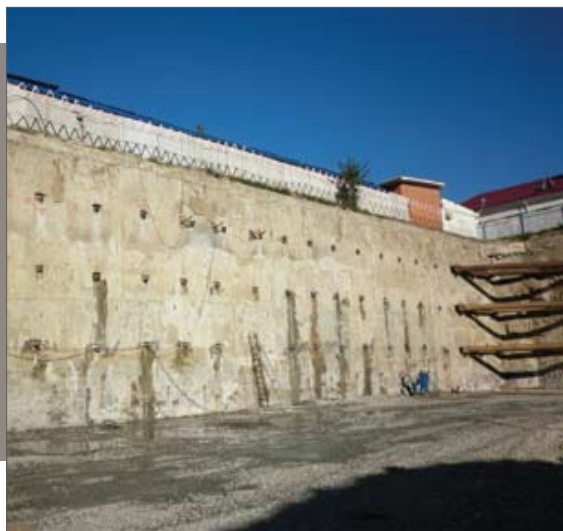
— Стена в грунте строится с использованием щелевой стенной технологии, включающей в себя вырезание узкой захватки, заполненной специальной жидкостью или суспензией. Суспензия оказывает гидравлическое давление на стены захватки и исполняет роль крепления для предотвращения разрушения. Вырезание щелей может производиться во всех типах грунта, даже ниже уровня подземных вод. Специфическое применение и основополагающие условия требуют использования фрезы с гидравлическим управлением и обратной циркуляцией.

Состав и свойства используемых растворов должны обеспечивать: предохранение стенок траншей от

обрушения и вывалов грунта; удержание частиц разрыхленного грунта во взвешенном состоянии; образование по стенкам траншеи кольматированной корки с коэффициентом фильтрации порядка $10^{-6} \dots 10^{-7}$ см/с. Параметры глинистых растворов (плотность, вязкость) должны подбираться с учетом инженерно-геологических условий строительной площадки.

Технология обратной циркуляции предусматривает непрерывную подачу раствора и удержание его уровня не ниже 200 мм от верха форшахты. При этом происходит его постоянное замещение и вынос частиц грунта из разрабатываемого шлица, затем на специальном оборудовании производится разделение грунта и раствора — его очистка и обогащение. После окончания проходки должно быть выполнено трехкратное полное замещение раствора в полном объеме «заходки» — ее промывка для удаления оставшегося бурового шлама. Выполнение этих мероприятий позволяет максимально полно очистить пространство для установки армирующих каркасов и последующего бетонирования. Перерыв между данными операциями должен быть минимальным.

При бетонировании под глинистым раствором необходимо обеспечивать: изоляцию бетонной смеси от раствора в процессе ее подачи в траншею; недопустимость перемешивания бетонной смеси с раствором при укладке; непрерывность бетонирования в пределах секции. Каждую очередную секцию следует бетонировать без перерывов в подаче бетона. Темп процесса должен составлять не менее $20 \text{ м}^3/\text{ч}$, скорость подъема смеси — не менее $3 \text{ м}/\text{ч}$. В случае вынужденных перерывов необходимо перед возобновлением укладки выполнить барботаж глинистого раствора, особенно тщательно — в зоне, примыкающей к поверхности ранее уложенного бетона. Нижний конец бетонолитной трубы при бетонировании методом ВПТ без вибрации должен быть заглублен в бетон не менее чем на 2 м. Уровень уложенного материала в захватке контролируют при помощи футштока, а положение трубы — по рискам разметки.



Таким образом, в случае правильного соблюдения технологии происходит полное вытеснение бентонитового раствора из «шлица», не допускающее возникновения «пузырей» с включениями грунта и бентонита. Однако неизбежные в строительной практике случайные остановки, перерывы в бетонировании, нарушения регламента все-таки приводят к их образованию. Опыт строительства показывает, что при соблюдении технологии такие включения составляет 2–3% от общего объема бетонирования. Дефектные места подлежат удалению, очищению и последующему заполнению ремонтными безусадочными смесями с полимерными добавками.

Может ли стена в грунте использоваться в качестве гидроизоляционной защиты? Можно ли добиться абсолютной водонепроницаемости стены в грунте и стыков между панелями? Требуется ли при этом устройство мембранной гидроизоляции с прижимной железобетонной стенкой?

Игорь Харченко:

— Если стена в грунте выполняет функцию гидроизоляционной защиты, то такая технология имеет название «белая ванна» и применяется в европейской строительной практике с 80-х годов прошлого века. При этом какой-либо дополнительной гидроизоляции не предусматривается. Данную технологию мы пытаемся внедрить на объектах строительства Московского метрополитена.

Алексей Архипов:

— Это возможно совместно с дополнительными мероприятиями по изменению фильтрационных свойств грунтов, примыкающих к ограждению. Стену в грунте и примыкающий грунт надо рассматривать как единую систему. Устройство мембранной гидроизоляции — это один из методов.

Дмитрий Конюхов:

— Однозначно может. Повторю, что в первую очередь проблема качественного изготовления стены в грунте и, соответственно, ее водонепроницаемости заключается в культуре производства.

Что касается гидроизоляционных свойств, то Научно-инженерным центром по освоению подземного пространства АО «Мосинжпроект» совместно с ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации» разработана система с применением напыляемых полимерных составов с высокой (не менее 0,5 МПа) адгезией к основанию из ранее уложенного бетона (набрызг-бетона), металла или геотекстильной ткани, а также к свежесформованному бетону (набрызг-бетону). Модификация этой системы включает в себя специально разработанную листовую мембрану с вторичной адгезией, получаемую в условиях строительной площадки путем напыления специальных составов на подложку из нетканого геотекстильного материала с плотностью 500 гр/м². Разработаны защищенные патентами РФ конструктивно-технологические решения для устройства надежных и ремонтнопригодных гидроизоляционных систем стены в грунте.

Алексей Шашкин:

— Стена в грунте экономически оправдана только в том случае, если она является надежной защитой от проникновения подземных вод внутрь сооружения. Если для гидроизоляции нужна еще мембрана и дублирующая железобетонная стена, смысл применения технологии вообще пропадает. На Западе имеется множество примеров успешной работы стены в грунте в качестве ограждающей конструкции и одновременно противofильтрационной защиты. Насколько мне известно, в большинстве своем петербургские подрядчики этим пока что похвастаться не могут.

Валерий Кузнецов:

— Естественно, стена в грунте используется и в качестве гидроизоляционной защиты. Хотя при сегодняшних возможностях идеальной гидроизоляции вряд ли можно



добиться. А повысить водонепроницаемость стены в грунте и стыков между панелями можно за счет струйной цементации. В частности, на станции «Новокрестовская» в нескольких местах мы таким способом устранили протечки воды в котлован, результат получился стопроцентный.

Что же касается мембранной гидроизоляции, то мы ее сторонниками не являемся — ее устройство трудоемко и дорого. Хотя теоретически это возможно.

Олег Маковецкий:

— При проектировании ограждающей конструкции, выполняемой по технологии «стена в грунте», учитывается ее взаимодействие с подземными водами во всех проявлениях: гидростатическое и гидродинамическое давление водяного столба, агрессивность среды, возможность формирования барражного эффекта.

В этом случае применяются бетоны с маркой водонепроницаемости W10 и выше. При соблюдении технологии укладки они являются достаточной гидроизоляционной защитой. Слабым местом такой конструкции являются технологические («холодные») швы отдельных захваток. В качестве компенсационных мероприятий на них должны быть выставлены гидрошпонки. В местах технологических отверстий в стене предусматриваются сальниковые уплотнения.

В гидрогеологических условиях средней сложности перечисленных мероприятий достаточно для обеспечения приемлемого уровня водонепроницаемости ограждения. Устройства дополнительной гидроизоляции и прижимной стенки не требуется, достаточно выполнить выравнивание и черновую отделку поверхности, если подразумевается последующее использование подземного пространства.

В сложных гидрогеологических условиях, при высоких напорах и скоростях движения подземной воды, при проявлении сильной и многоагентной агрессивности, при возможности техногенных факторов подтопления необходимы специальные мероприятия, которые разрабатываются для каждого сооружения индивидуально: компенсационное нагнетание цементных и полимерных растворов в швы; устройство дополнительной гидроизоляции (оклеечной или мембранной) и выполнение

прижимной стенки; наружная герметизация швов с использованием технологии Jet-grouting.

Здесь следует, однако, отметить, что абсолютной гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений добиться практически невозможно (а если и возможно, то экономически нецелесообразно). Это необходимо учитывать при размещении под землей, в частности, того или иного технологического оборудования.

Каковы осадки окружающей территории и соседних зданий при устройстве стены в грунте, откопке котлованов под защитой стены в грунте?

Игорь Харченко:

— Деформации зданий, находящихся в зоне влияния строительства котлована с ограждением из стены в грунте, не должны превышать предельно-допустимых значений. Если превышение имеется, это либо ошибка проекта, либо следствие брака при производстве работ.

Алексей Архипов:

— Осадки возможны при любой строительной технологии, реализуемой в условиях плотной городской застройки. Для снижения риска деформации зданий необходимо исследование состояния грунтов оснований и фундаментов и, если потребуется, их укрепление.

Дмитрий Коныхов:

— Осадки близлежащих зданий в процессе устройства стены в грунте определяются технологией производства работ и инженерно-геологическими условиями и могут достигать значительных величин. Согласно результатам современных исследований, от 30 до 90% от всей замеренной величины осадки фундаментов. Причем абсолютные значения технологических деформаций для инженерно-геологических условий Москвы и Санкт-Петербурга могут существенно различаться. Если в первом случае при устройстве стены в грунте из буро-



секущих свай в непосредственной близости от здания осадки обычно не превышают 6–8 мм, то в Петербурге, согласно опубликованным данным, они доходят до 60 мм. В СМП НОСТРОЙ 3.27.3-2014 «Освоение подземного пространства. Комплексное использование подземного пространства в мегаполисах» приведена методика расчета технологических деформаций при устройстве различных типов ограждений котлованов, в том числе стены в грунте траншейного типа.

Алексей Шашкин:

— Осадка должна быть в пределах допустимого отечественными нормами. Проведенный нами натурный эксперимент на опытной площадке показал, что этого можно добиться даже в условиях плотной петербургской застройки. Однако высокие технологии требуют высокого интеллекта. Есть опыт, когда при отсутствии научно-технического сопровождения с нашей стороны эта технология в руках подрядчика сразу же стала весьма опасной. Имеются случаи, когда при устройстве подземного пространства под защитой «дырявой» стены в грунте происходили провалы ближайших дорожных покрытий с образованием воронки глубиной 3 м и осадки окружающих зданий-памятников порядка 300 мм (при допустимых для них 5 мм).

Валерий Кузнецов:

— Благодаря стене в грунте осадки существенно снижаются. Особенно это очевидно при сооружении котлованов методом буросекущих свай. То есть стена в грунте не всегда создается с помощью грейферов. В частности, мы сооружали стартовые котлованы для монтажа проходческих щитов, используя метод буросекущих свай. Если есть хорошее оборудование и техника, делать это можно даже до глубины 30–32 м. Мы углубляли низ свай в кембрийские глины, и получалась практически идеальная конструкция — и как ограждающая стена, и как гидроизоляция. А если во всех случаях применять еще и струйную цементацию, то результаты будут еще лучше. Кроме того, мы начали делать не съемные, а так называемые теряемые отсечки — железобетонные конструкции с применением уплотняющих материалов, изготовленные заранее, которые устанавливаются между стенами и впоследствии не вытаскиваются из котлована. Это и уплотнение, и гидроизоляция. Очень показателен удачный опыт на станции «Адмиралтейская», в районе густой

исторической застройки. Там проводился мониторинг осадок дневной поверхности. Результаты замеров при начале строительства котлована методом «буросекущих свай» и при его окончании показали, что их практически нет. Осадки составили лишь 2–3 мм, что соответствует пределам точности измерения приборов маркшейдеров.

Олег Маковецкий:

— Любой вертикальный геотехнический барьер, выполняемый по этой технологии, рассчитывается на воздействие давления не только от окружающего грунта и подземной воды, но и расположенных в непосредственной близости зданий и сооружений. Правильно запроектированный и выполненный, он обеспечивает общую устойчивость бортов котлована и допустимые величины абсолютных осадок и разности осадок окружающей застройки. Эти величины в каждом случае определяются в зависимости от конструктивных особенностей и технического состояния зданий. В случае с памятниками архитектуры дополнительные деформации совсем не допустимы, в других случаях их величина требует выполнения прогнозного расчета с учетом развития деформаций во времени.

Таким образом, приближение стены в грунте к существующим конструкциям определяется только габаритами оборудования и квалификацией персонала, ведущего контроль геотехнической ситуации.

Какова стоимость 1 м³ стены в грунте? Какова стоимость компенсационных мероприятий в том случае, если стена в грунте выполнена с отверстиями (нарушена сплошность — имеются включения грунта)?

Игорь Харченко:

— Цена определяется сметным расчетом, а не экспертной оценкой, зависит от множества факторов и на сегодняшний день колеблется от 15 до 25 тыс. рублей за 1 м³. Стоимость ликвидации брака и при устройстве стены в грунте, и в дальнейшем при устранении его последствий может существенно превышать стоимость самой конструкции. С целью экономии на таких возможных затратах необходимо на стадии проектирования формировать карту рисков с разработкой мероприятий по их минимизации и т. д. Однако проблема в том, что на стадии экспертизы проекта такие предложения не принимаются. Стандартный аргумент эксперта: «Не допускайте брака, и все будет хорошо». Что такое строительный риск, зачастую просто не понимают. Впрочем, качество проектирования и экспертизы — это отдельная тема, требующая детального освещения.

Алексей Архипов:

— Стоимость устройства стены в грунте зависит от технологии, размеров и других факторов. Стоимость ликвидации дефектов весьма высока и производится за счет подрядчика, поэтому внедрение метода контроля сплошности панелей и стыков методом прозвучивания из закладных трубок представляется актуальной задачей для тех, кто считает деньги и правильно оценивает риски.

Дмитрий Конюхов:

— Не буду называть конкретных цифр, однако ликвидация последствий некачественного производства работ — это мероприятие само по себе очень дорогостоящее. Оно может, в зависимости от степени и масштабов ущерба, в десятки раз превышать сметную стоимость СМР. Очень важным моментом, особенно при применении сложных технологий, а также для зданий и сооружений III геотехнической категории, в том числе технически сложных, особо опасных и уникальных, является научное сопровождение строительства. Привлечение соответствующих специалистов к геотехнической экспертизе проектной документации, мониторингу, контролю качества строительных работ и другим составляющим процесса позволит, при незначительных материальных затратах (0,3–0,8% от стоимости СМР), избежать большинства нештатных ситуаций.

Алексей Шашкин:

— О стоимости стены в грунте лучше рассказали бы подрядчики. А вот стоимость компенсационных мероприятий при браке может быть колоссальной — сотни миллионов рублей, вплоть до потери застройщиком пятна строительства.

Валерий Кузнецов:

— Судя по нашему опыту, стоимость компенсационных мероприятий практически равна величине затрат на Jet-grouting, или струйную цементацию. В принципе, этим способом можно устранить любые проявления протечек.

А стоимость кубометра стены в грунте не есть величина постоянная. Цена зависит от горно-геологических условий, глубины сооружения, сложности и важности строящегося объекта, производительности труда, расстояний поставки материалов, требований, предъявляемых к проектной документации и качеству работ, а также огромного количества других факторов. Например, если задействована дорогая машина, то и ее амортизация обойдется дороже.

Хотелось бы также отметить, что сейчас, в условиях кризиса, заказчики занижают цену. Скажем, 6 лет назад кубометр стены в грунте под ключ мог стоить 50, даже 60 тыс. рублей. Цена падает катастрофически, до минимума, и в каждом случае складывается как договоренность между заказчиком и подрядчиком. Но предприятие не может работать без прибыли. Сейчас, насколько мне известно, существенно уменьшилось количество объектов, на которых применяется эта технология. ■


ООО «ГЕОДИАГНОСТИКА»

www.geodiagnosics.ru

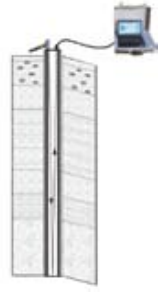
Контроль сплошности, размеров и прочности бетонных, грунтоцементных, ледогрунтовых свай, стен в грунте, противофильтрационных завес в подземном пространстве

Мы единственные, кто знает, чем заполнен верхний погребенный тоннель в районе площади Мужества в Санкт-Петербурге

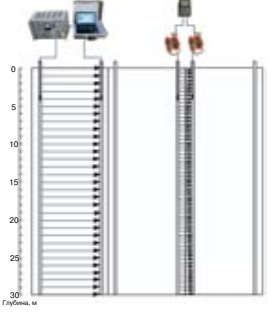
Прозвучивание бетона в трубах экрана крепи тоннеля



Сейсмоакустическое зондирование свай

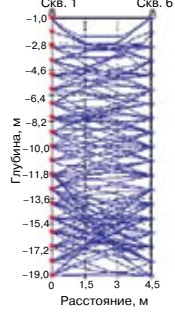


Прозвучивание стыков и панелей стены в грунте

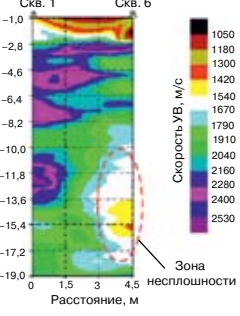


Межскважинная томография

Схема лучевых траекторий

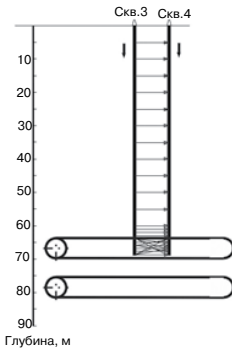


Скоростная модель межскважинного пространства

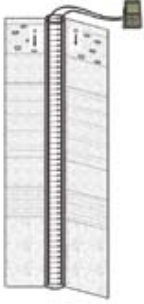


Зона несплошности

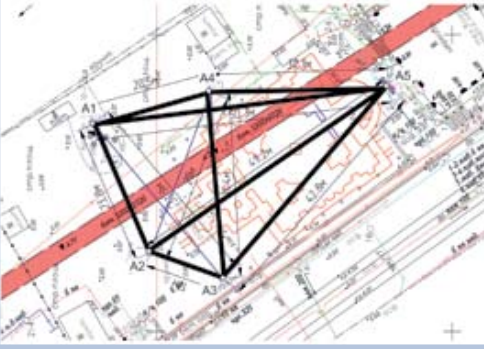
Прозвучивание внутреннего пространства тоннелей




Ультразвуковое прозвучивание свай



Поиск тоннелей в подземном пространстве



Сейсмоакустическое зондирование панелей стены в грунте



Тел.: +7(911)158-27-96
E-mail: arhipov8@mail.ru

**Генеральный директор
д.т.н. А.Г. Архипов**