

# ООО «СТИС» : ФИРМА «HERRENKNECHT AG» ИДЕТ НАВСТРЕЧУ ПРОЕКТАМ СТРОИТЕЛЬСТВА ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ ВОДООТВЕДЕНИЯ

**В.А. АГИЯН,**

генеральный директор ООО «СТИС»



Одним из аспектов реформирования и модернизации жилищно-коммунального комплекса является повышение эффективности и надежности систем жизнеобеспечения населения: энергоснабжения, водоснабжения, канализации, улучшение качества услуг с одновременным снижением нерациональных затрат. В современных условиях градостроения, совершенствование структуры жилищно-коммунального хозяйства становится более актуальным. Развитие городских инженерных сетей водоснабжения и канализации, расширение сети электроснабжения, линий связи, прокладка теплосетей, особенно в условиях плотной застройки или при пересечении различных препятствий (улицы, реки, каналы, авто- и железнодорожные магистрали), заставляет уделять больше внимания внедрению прогрессивных технологий бестраншейной прокладки коммуникаций на основе микротоннелирования, при котором прокладываемый тоннель может служить футляром для вышеперечисленных коммуникаций.

ООО «Струйные технологии и строительство» (СТИС) относительно недавно эксплуатирует микротоннельное оборудование германской фирмы **Herrenknecht AG**.

Первым опытом применения **AVN 2000 D** стало строительство «Подводящего канализационного коллектора к Юго-Западным очистным сооружениям (ЮЗОС)», предназначенного для транспортировки сточных вод на

Юго-Западные очистные сооружения. В соответствии с генеральной схемой канализации г. Санкт-Петербурга, коллектор рассчитан на сбор стоков от Кировского и Красносельского районов, а также от поселков Урицк, Сосновая поляна, Улянка, Стрельна общей мощностью 330 тыс. м<sup>3</sup> сточных вод в сутки. Общая длина коллектора, сооружаемого методом микротоннелирования, 2075 м, методом щитовой проходки (немеханизированный щитовой комплекс) – 320 м. Глубина залегания тоннеля от 8 до 20 м. Возможности двух проходческих комплексов **AVN 1600 D** и **AVN 2000 D**, также реализованы на дублере канализационного коллектора в районе пл. Мужества. Длина коллектора-дублера – 4,4 км. Заказчиком строительства коллекторных тоннелей является ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Преимущества технологий микротоннелирования по сравнению с другими технологиями прокладки городских коммуникаций общеизвестны, они позволяют:

обеспечить строительство трубопровода без вскрытия поверхности и открытия траншей, что создает безопасные условия при производстве работ, не нарушает городскую среду обитания, повышает экологическую безопасность;

полностью устранить ручной труд и механизировать процесс прокладки трубопровода;

обеспечить управление всем технологическим процессом оператором с единого центрального пункта;







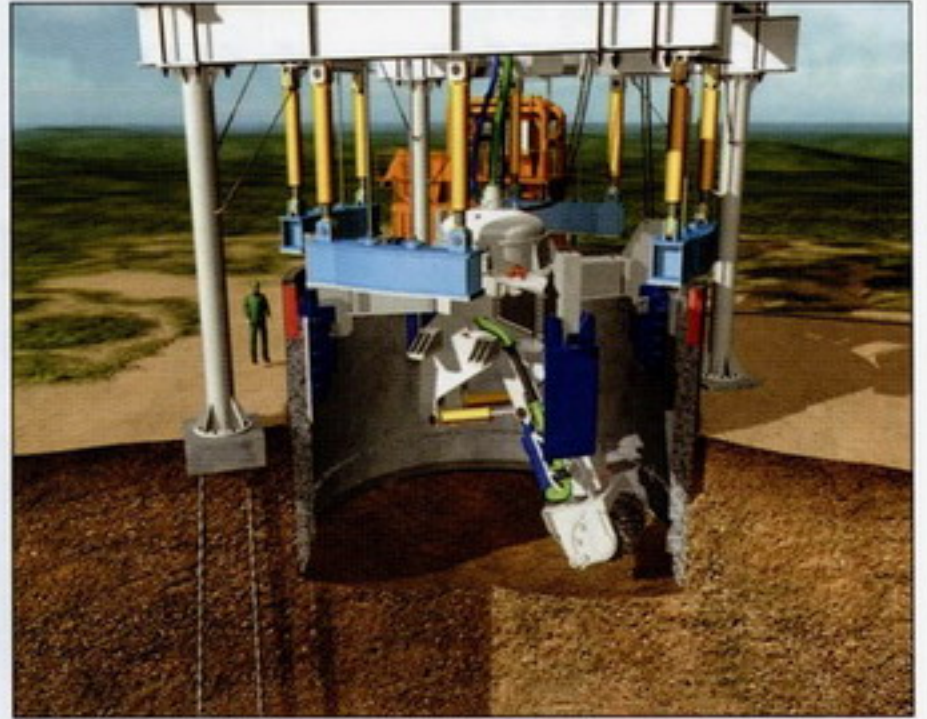
не нарушать движение городского транспорта, исключить необходимость дополнительных работ по устройству обходов, временных мостов, переходных мостиков;

исключить необходимость применения дорогостоящих специальных способов работ при проходке в водоносных грунтах и обеспечить прокладку трубопровода по запроектированной трассе;

не нарушать благоустройство городской территории, ликвидировать затраты на ее последующее восстановление, кроме мест расположения шахт;

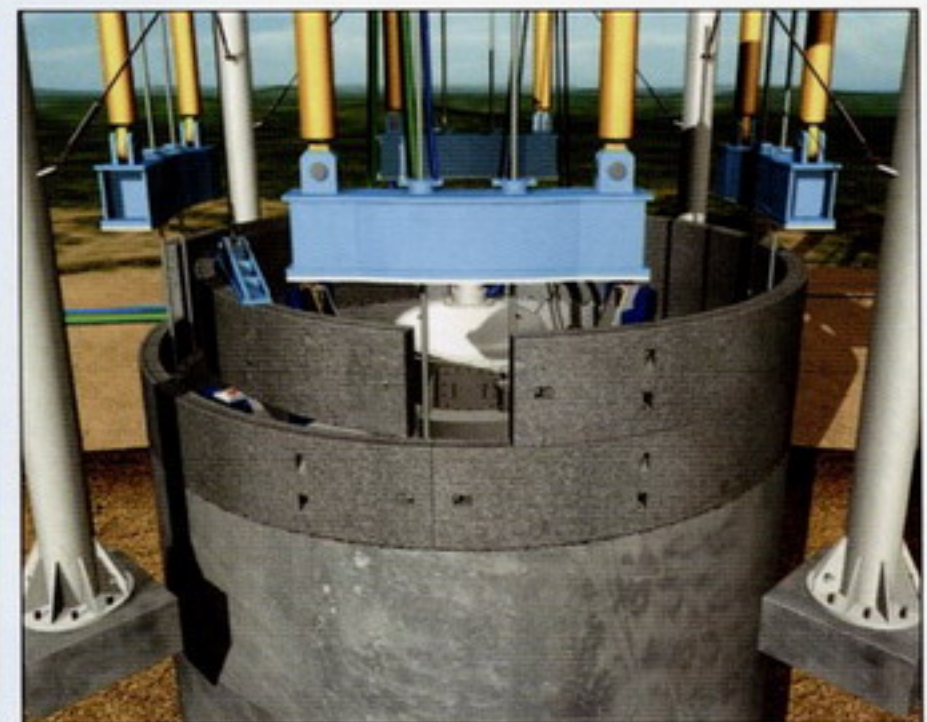
быстрая (в среднем 10-15 м в сутки), практически безосадочная (осадки поверхности не превышают 10 мм) и точная проходка (отклонение в пределах 10-20 мм) по направлению трубопроводов в сочетании с возможностью ведения строительства во всем диапазоне инженерно-технологических и гидрогеологических условий (от слабых водонасыщенных грунтов до крепких скальных пород) без применения каких-либо специальных видов работ (замораживание, водопонижение, химическое закрепление грунтов и т.д.).

Специалисты компании «Herrenknecht AG» понимают всю сложность технических задач, стоящих перед фирмами, занимающимися строительством ин-



фраструктурных объектов водоотведения. И если оборудование для сооружения тоннелей самых разных диаметров и глубин залегания является во многом уже классическим, то вопрос о сооружении вертикальных горных выработок (шахтных стволов) до последнего времени оставался открытым. Разумеется, в мире существуют стволопроходческие комплексы, но они созданы, как правило, для проходки в устойчивых грунтах с небольшим дебетом воды. Поэтому проекты, связанные с проходкой стволов в неустойчивых, плавунных грунтах сопровождались значительными экономическими и временными затратами на подготовку строительных площадок, закрепление грунтов, монтаж поверхностных горных комплексов, большую долю ручного труда.

В Санкт-Петербурге с 1987 г. с перерывами осуществляется строительство «Продолжения главного коллектора канализации северной части Санкт-Петербурга», собирающего стоки из северной части города. Глубина заложения коллектора от 40 до 80 м, диаметр в проходке 4,03 м, общая длина 24 км. Строительство тоннельного коллектора должно сопровождаться сооружением дополнительно к уже построенным 55 вертикальных шахт для приема сточных вод.





По заказу ООО «Струйные технологии и строительство», являющейся в настоящее время одним из ведущих предприятий подземного строительства Северо-Западного региона и Санкт-Петербурга, фирма «Herrenknecht AG» спроектировала и создала стволопроходческий комплекс **VSM-8000**.

Herrenknecht AG – признанный лидер производства оборудования для горнопроходческих работ. Многие из современных технологий проходки разработаны инженерами этой фирмы.

Одну из технологий проходки вертикальных стволов в неустойчивых, обводненных грунтах, характерных для регионов Санкт-Петербурга, реализует стволопроходческий комплекс **VSM-8000**. Основные характеристики сооружаемых объектов: диаметр стволов (внутренний) – от 5,5 до 7,7 м; глубина шахтного ствола до 85 м.

Стволопроходческий комплекс состоит из следующих основных частей: стволопроходческая машина; узел продавливания и удержания; сепарационный комплекс; контейнер управления; электрогенератор.

Упрощенно технологию проходки ствола можно представить следующим образом – погруженная в воду стволопроходческая машина, находящаяся в опорном бетонном кольце, режущим органом измельчает грунт до размера, обеспечивающего откачку образующейся суспензии встроенным насосом. Суспензия по транспортной магистрали подается на сепарационный комплекс, который отделяет твердую фракцию, пригодную для перевозки автотранспортом. Очищенная вода подается обратно к машине. Выемка грунта производится секторами по всей площади забоя. По мере погружения машины на поверхности выполняется монтаж железобетонных высокоточных тубинговых колец с герметичным уплотнением. Узел продавливания обеспечивает управляемое вертикальное движение конструкции ствола. Контроль всех параметров процесса строительства ведется компьютером, находящимся в контейнере управления. Электропитание всех механизмов стволопроходческого комплекса осуществляется от автономного генератора.

Преимущество данной технологии по сравнению с классическими способами шахтного строительства:

сокращение времени строительства с 18 до трех месяцев;

сокращение затрат на временные здания и сооружения;

сокращение площади, занимаемой строительной площадкой;

после окончания проходки не требуется затрат для создания дополнительной железобетонной рубашки;

снижение риска травматизма персонала, так как выемка грунта и доставка его на поверхность осуществляется в автоматическом режиме.

Стволопроходческий комплекс **VSM-8000** являет собой новое видение применения элементов микротоннельной технологии, как то: гидротранспорт разработанного грунта, продвижение несущей обделки в глубь грунтового массива. Применение стволопроходческого комплекса **VSM-8000** – дальнейший шаг в освоении современных мировых технологий подземного строительства. ■

## ШАХТОПРОХОДЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС VSM 8000

Шахтопроходческий комплекс **VSM 8000** – новая разработка компании «Herrenknecht AG» – предназначен для сооружения шахтных стволов диаметром от 6 до 8 м при микротоннелировании. Применяется в любых грунтовых условиях: песок, глина, водонасыщенные грунты, скальные породы.

Комплекс состоит из надшахтной конструкции для продавливания сегментных колец крепи шахты, буровой машины, оснащенной режущим органом. Машина размещается в стартовом кольце в контуре запроектированного шахтного ствола. Контейнер управления с маслостанцией устанавливается отдельно на стройплощадке. Процесс разработки грунта контролируется полностью из контейнера управления. Для компенсации давления грунтовых вод шахтный ствол извне заполняется водой под давлением 8,5 бар. Отработанный материал поступает по системе откачивания жидкой смеси в сепарационную установку, расположенную отдельно на стройплощадке.

Первые несколько метров шахтного ствола выполняются стартовым кольцом, следующие за ним кольца собираются из бетонных сегментов. Сборка колец крепления шахтного ствола может производиться одновременно с процессом разработки грунта. При достижении запроектированной глубины шахтного ствола производится подводное бетонирование днища. Такой метод сооружения шахтных стволов позволяет осуществлять контроль на каждой стадии процесса.

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Внутренний диаметр шахты, мм .....	6000 – 8000
Макс. диаметр разработки грунта, мм .....	8800
Макс. глубина шахты, м .....	40
Геологические условия .....	мягкие грунты, песок, гравий, скальные породы средней твердости

#### Буровая машина Режущий орган

Мощность, кВт .....	300
Частота вращения режущего органа, об/мин .....	85
Макс. крутящий момент, кН м .....	30
Установленная гидравлическая мощность, кВт .....	400
Макс. производительность (по грунту), м³/ч .....	60

#### Система транспортировки грунта

Установленная электрическая мощность, кВт .....	160
Производительность, м³/ч .....	200 – 400
Макс. давление, бар .....	5
Макс. размер фракций транспортируемого грунта, мм .....	125

#### Конструкция продавливания

Макс. усилие продавливания, кН .....	10000
Макс. усилие тяги, кН .....	10000



# ТОЧНОЕ НАВЕДЕНИЕ ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКОГО ЩИТА ПРИ МИКРОТОННЕЛИРОВАНИИ

МАНФРЕД МЕССИНГ,

генеральный директор VMT GmbH, Германия

**Исходная ситуация.** В рамках проекта по строительству комплекса очистных сооружений ГУП «Водоканал» Санкт-Петербурга сооружение тоннеля было поручено фирме «СТИС». Строительный объект состоит из нескольких участков тоннеля, при сооружении которых используется метод проходки с продавливанием труб. В данном случае речь идет о сооружении тоннеля номинальным диаметром 2000 мм, для чего применяется тоннелепроходческая машина AVN 2000 фирмы «Херренкнехт АГ». На первом этапе сооружался участок тоннеля длиной 866 м.

В статье рассматривается только этот участок и дается описание методики наведения тоннелепроходческой машины с очень высокой точностью, проведенное летом 2004 г. Согласно требованиям необходимо было выйти в конечной точке с отклонением не более 18 мм, поскольку строительные сооружения в этой точке уже были возведены.

Необходимо было исходить из следующих предпосылок. Стартовая и приемная шахты имеют глубину 20 м и диаметр 9 и 6 м соответственно. В целях защиты от погодных воздействий стартовая шахта сверху закрыта. В перекрытии шахты только одно отверстие размером 3,5 x 3,0 м для подачи труб (рис.1). По этой причине с точки зрения проведения технических измерений имелись значительные трудности при создании качественного геодезического обоснования для осуществления работ, связанных с измерениями в стартовой шахте и тоннеле.

Применение традиционных методов передачи направления в тоннель не обеспечивало достаточной точности. Ввиду этого строительная фирма «СТИС» приняла решение о применении другой методики измерений в сочетании с традиционными измерениями в тоннеле, а также поручила осуществление независимого контроля. В связи с этим ответственные лица приняли решение доверить выполнение этой задачи немецкой фирме VMT GmbH (Gesellschaft für Vermessungstechnik), расположенной в Брухсале. За последние 10 лет фирма VMT GmbH стала одним из ведущих предприятий в области создания автоматических навигационных систем для тоннелепроходческих комплексов и оказания услуг в проведении измерений при механизированной прокладке тоннелей.

Ввиду сложности поставленной задачи и высоких требований к точности фирма VMT использовала профессиональный опыт различных немецких предприятий, чтобы гарантированно выполнить данные требования и обеспечить независимость контроля. С этой целью измерения производились совместно фирмами VMT GmbH, CPV GmbH (Checkpoint-Vermessung GmbH) из Берлина и DMT GmbH (Deutsche Montan Technologie GmbH) из Эссена. При этом осуществлялось четкое распределение ответственности: фирма VMT отвечала за организацию и координацию при проведении измерений,



а также за применение автоматической навигационной системы SLS-RV с дополнительным модулем гидродинамического нивелирования; фирме DMT была поручена задача провести высокоточные измерения в тоннеле с помощью гиротеодолита, а также определять отклонение направления проходки на поверхности; фирма CPV имела задачу точно измерять координаты пунктов на поверхности и истинное положение тоннеля под землей, проверять основания для проведения технических измерений и совместно производить оценку результатов измерений и делать выводы. Кроме того, совместно с фирмой VMT была разработана концепция измерений.

**Проходческая и измерительная техника.** Для осуществления проекта ГУП «Водоканал» в связи с тяжелыми геологическими условиями было принято решение об использовании проходческой машины AVN 2000 фирмы «Херренкнехт АГ», которая в качестве самого крупного поставщика проходческого оборудования естественным образом предназначена для того, чтобы наилучшим образом выполнить поставленные задачи с помощью своего оборудования.

Фирма VMT в течение многих лет производит для данного оборудования навигационные системы для точного выведения тоннелепроходческих машин в заданный пункт. Для выполнения работ на объекте в Санкт-Петербурге была осуществлена новая разработка. Для того, чтобы обеспечить работу в ситуации ожидаемых вследствие геологических условий всплываний тоннеля, принимая во внимание технические возможности измерительного оборудования, было произведено расширение воз-



Рис. 1. Строительная площадка со стартовой шахтой и защитным перекрытием:

1 – стартовая шахта; 2 – направление проходки



возможностей навигационной системы **SLS-RV** фирмы **VMТ** за счет модуля гидродинамического нивелирования. С помощью такого модуля создается возможность в реальном времени контролировать высотное положение проходческой машины относительно опорного пункта в стартовой шахте.

Фирма **DMT** разрабатывает и производит в течение многих лет измерительные гироскопы высокой точности. Создав прибор **GYROMAT 2000** (рис. 2), с помощью которого обеспечивается точность измерений  $\pm 3''$ , фирма **DMT** стала обладателем самого точного гироскопа в мире. Поскольку для пользования этим прибором необходимо иметь очень большой опыт и практику его применения, фирма **DMT** предоставляет услуги в проведении измерений.

Фирма **CPV** в течение многих лет занимается обслуживанием объектов тоннельного строительства, выполняя технические измерения с большой точностью. Возникающие при этом задачи, такие как прокладка тригонометрических сетей на поверхности и под землей, а также автоматизированная проверка достоверности,



Рис. 2. Прецизионный гироскоп **GYROMAT 2000** фирмы **DMT** в стартовой шахте

обслуживание навигационных систем являются предметом повседневной работы фирмы **CPV**. Для проведения измерений на объектах строительства тоннелей фирма **CPV** в течение многих лет применяет измерительные приборы фирмы **Leica**. В их число входит также прибор **TCA 2003** – прецизионный тахеометр для измерения углов с точностью до  $\pm 0,5''$  и  $\pm 1\text{ мм} + 1\text{ ппм}$  для измерения расстояний.

**Концепция и осуществление измерений.** Ввиду жестких требований к точности выхода (отклонение не более 18 мм) после проходки 866 м тоннеля возникла необходимость разработки концепции измерений, гарантирующей оптимальное сочетание условий проходки и геодезических измерений. Строительная фирма «СТИС» должна была обеспечить наилучшие условия проведения измерений в тоннеле и на поверхности. Для достижения максимально возможной точности и обеспечения возможности коррекции трассы после контрольного измерения было принято решение произвести контрольное измерение на расстоянии приблизительно 60 – 100 м до приемной шахты.

Для осуществления измерений на поверхности земли было создано три опорных геодезических пункта, которые, с одной стороны, служили для ориентирования на поверхности, а с другой – опорными пунктами для калибровки гиротеодолита. В самом тоннеле были установлены особо устойчивые консоли для размещения гиротеодолита и тахеометра. Тем самым было обеспечено проведение измерений практически по оси тоннеля, для создания наилучших условий минимизирования погрешности от влияния внешних условий.

Для исключения погрешности от влияния городской геодезической сети была создана локальная сеть с привязкой к трем созданным опорным геодезическим пунктам. Уравнивание в связи с недостатком данных проводилось по семи параметрам без учета проецирования на эллипсоид Красовского.

Созданная с высокой точностью триангуляция была произвольно наложена на три пункта городской полигонометрии. На участке стартовой шахты были замерены три точки, которые позднее были спроецированы в шахту и послужили в качестве основы для измерения полигональной проекции тоннеля. Передача плановых координат в шахту производилась с помощью лазерного лота





Рис. 3. Стартовая шахта диаметром 9 м (а) и приемная шахта диаметром 6 м (б)

фирмы Leica и контролировалась оптическим зенит-нади́р прибором фирмы Leica.

На основании двух лот-точек в стартовой шахте и по специальным пунктам на консолях в тоннеле был пройден полигонометрический ход тоннеля. Кроме этого, эти консоли были отnivelированы российскими коллегами и, тем самым, высотная отметка замерена трижды. Один раз это было произведено через уже установленный модуль гидродинамического нивелирования, затем путем геометрического и тригонометрического нивелирования. Точность измерений была в пределах  $\pm 3$  мм. На трех опорных маркшейдерских пунктах на поверхности до и после измерений в тоннеле была определена поправка гиротеодолита. В самом тоннеле с его помощью были определены три гиростороны путем измерений прямо и обратно и, вместе с тем, был замерен угол между гиростороной и ближайшей к ней стороной хода. Кроме того, на первых 200 м от щита в тоннеле были произведены измерения через каждые 2 м, чтобы затем, после контрольного замера, ввести поправку в навигационную систему путем сравнения опорной дорожки. После ввода наших результатов измерений в навигационную систему на последних 100 м тоннеля необходимо было произвести корректировку проходческой машины на 15 см к проектной трассе, чтобы попасть в приемную камеру (рис. 3).

Созданная геодезическая сеть с учетом поправок замеров гиротеодолитом была уравнена с применением специальной для таких сетей программы **PAN 3D**. После оценки полигона данные о фактическом положении тон-



Рис. 4. Радость маркшейдера — сбойка тоннеля



нели были обработаны с помощью пакета программного обеспечения **Poly-RV** фирмы VMT для того, чтобы заложить в систему фактическую опорную дорожку. После того, как данные измерения были выполнены и проверены, стало возможным вычислить и гарантировать с приближением в 95% теоретическую точность сбойки в 12 мм.

Через три дня после наших измерений проходческая машина уже находилась в приемной шахте (рис. 4 и 5). Она достигла цели с отклонением от проектной трассы в 5 мм по горизонтали и вертикали.



Рис. 5. Отклонение от проектной трассы по горизонтали и вертикали — 5 мм

**Выводы.** Благодаря хорошей организации измерений и поддержки со стороны строительной фирмы «СТИС» и практической поддержке со стороны наших российских коллег при осуществлении измерений, которые производились в течение трех дней, а также благодаря идеальным погодным условиям, нам удалось достичь требуемой точности в 18 мм и даже заметно уменьшить эту величину.

#### ПОСВЯЩЕНИЕ

Во время работ по проведению измерений в Санкт-Петербурге наш коллега **Норберт Кориттке**, отвечавший за организацию этого проекта со стороны фирмы DMT, скончался после тяжелой и продолжительной болезни. Мы посвящаем данную работу по выполнению измерений Норберту Кориттке.