

## FEATURES OF USING THE MODERN NAVIGATION GNS SYSTEM IN MICROTUNNELLING

Novozhenin S.U.<sup>1</sup>, Haziev L.N.<sup>2</sup> (Russian Federation) Email:  
Novozhenin52@scientifictext.ru

<sup>1</sup>Novozhenin Sergei Urievich – PhD in Engineering Sciences, Assistant;

<sup>2</sup>Haziev Linar Nailevich – Student,  
DEPARTMENT OF MINING SURVEYING,  
SAINT-PETERSBURG MINING UNIVERSITY,  
SAINT-PETERSBURG

**Abstract:** the basic principles and conditions of application of the newest navigation system based on the application of gyroscopic orientation are considered in the article. The situation of the drift of the shield and the ways of eliminating errors in determining the position of the shield in this case are analyzed. The shortcomings and advantages of navigation system are indicated, conclusions are drawn about the prospects of its application.  
**Keywords:** microtunneling, navigation, gyroscopic surveying.

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ НАВИГАЦИОННОЙ GNS-СИСТЕМЫ ПРИ МИКРОТОННЕЛИРОВАНИИ Новоженин С.Ю.<sup>1</sup>, Хазиев Л.Н.<sup>2</sup> (Российская Федерация)

<sup>1</sup>Новоженин Сергей Юрьевич – кандидат технических наук, ассистент;

<sup>2</sup>Хазиев Линар Наилевич – студент,  
кафедра маркшейдерского дела,  
Санкт-Петербургский горный университет,  
г. Санкт-Петербург

**Аннотация:** в статье рассмотрены основные принципы и условия применения новейшей навигационной системы, основанной на применении гироскопического ориентирования. Проанализирована ситуация возникновения дрейфа щита и способы устранения ошибок определения положения щита в этом случае. Указаны недостатки и преимущества навигационной системы, сделаны выводы о перспективах ее применения.

**Ключевые слова:** микротоннелирование, навигация, гироскопическое ориентирование.

Навигация в подземных условиях, то есть обеспечение ведения щита по трассе при строительстве тоннеля – одна из важнейших задач маркшейдера. Действующие нормативные документы предъявляют высокие требования к точности определения геометрических параметров при проходке [1, 2]. В настоящее время в условиях совершенствования тоннелепроходческого оборудования появляется возможность внедрения современных навигационных систем, которые позволят повысить точность измерений, и в итоге, безопасность ведения подземных работ [3].

Выбор навигационной системы при проходке тоннелей методом микротоннелирования, или продавливания труб, в основном зависит от конфигурации и степени сложности конкретной трассы. В последнее время широкое распространение получила система навигации с применением роботизированного тахеометра SLSRV- LT. Эта система, разработанная для проходки длинных и криволинейных участков трасс, имеет ряд ограничений: необходимость прямой видимости между компонентами системы, погрешность от температуры при лазерном нацеливании, короткие расстояния между призмами – эти факторы приводят к накоплению ошибок и снижают точность измерений.

В реальных условиях, когда тоннель представляет собой комбинацию из криволинейных и прямолинейных участков, возникает необходимость использования системы другого типа. Система SLS-GNS, основанная на применении гироскопа, предназначена для проходки сильно изогнутых участков трасс. Состоящая из гироскопа и электронного гидроуровня, данная система обеспечивает точное, независимое от температуры в тоннеле и длины трассы определение положения машины. Устанавливаемый в машине гироскоп определяет в пространстве направление оси тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК). Горизонтальное отклонение машины определяется по принципу счисления пути и производится нахождение актуальной позиции машины. Система HWL позволяет постоянно определять высоту при помощи опорного датчика в шахте и датчика высоты в машине. Интегрированный в систему электронный шланговый уровень постоянно передает данные по высоте на установленный в стартовой шахте референц-модуль и на установленный на ТПМК датчик высоты. Результаты передаются в промышленный компьютер, выводящий их на экран. Основные

компоненты навигационной системы представлены на рис. 1.

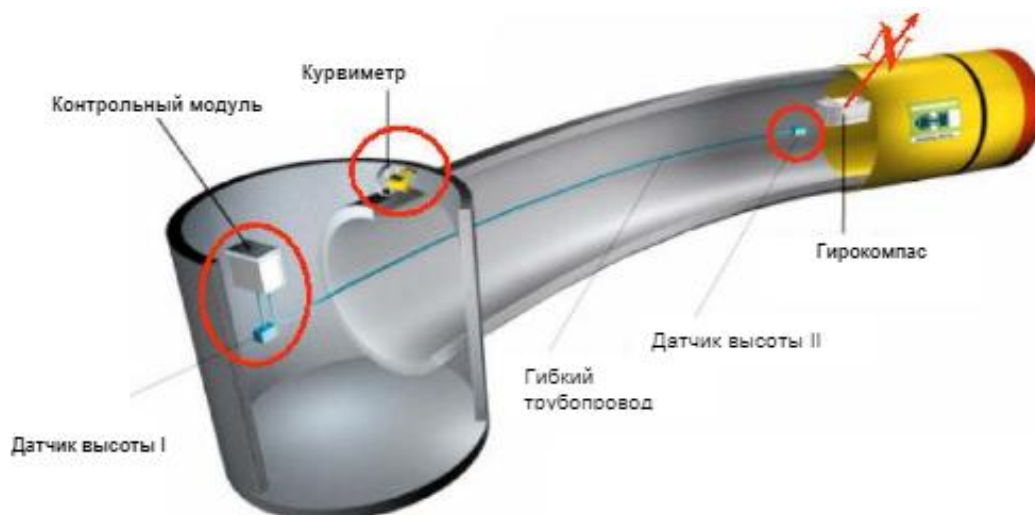


Рис. 1. Компоненты навигационной системы GNS

Измерение разрешено выполнять только в условиях неподвижной проходческой машины. В то же время закручивание и уклон должны отображаться для оператора машины постоянно, поэтому блок уклона/закручивания измеряет уклон и закручивание машины во время проходки. Программное обеспечение управляет ходом процесса измерения и на основе значений измерения от датчиков рассчитывает положение (x,y,z) рабочей трубы проходческой машины. Точкой отсчета для данных в отношении положения и высоты является геометрическая средняя точка рабочей трубы.

Можно сформулировать некоторые особенности, которые свойственны данной системе навигации. В отличие от навигации с использованием лазерной мишени, применение GNS позволяет определять направление при помощи всего одного ориентирования на север гироскопа, установленного в ТПМК. Определение высоты выполняется с помощью электронного гидростатического водяного уровня, не зависящего от температуры и рефракции. Максимальная разница высотных отметок между стартовой и приемной шахтой составляет 10 метров при давлении в 1 бар.

Неточность измеренного начального направления включается в результат навигации как постоянная ошибка. Начальное направление, определенное с неточностью в 0,0625 гон (около 1 мм/м), дает ошибку горизонтального отклонения в 10 мм после 10 м проходки, и соответственно, 20 мм после 20 м проходки. Чтобы минимизировать данную ошибку, нужно выполнять более точную начальную съемку, а также увеличить частоту контрольных измерений во время проходки.

Первый контрольный замер осуществляется через 15 м, последующие - через каждые 40-50 м. Параметры, определяемые в ходе измерений, минимальны – это координаты положения машины. Никаких съемок осей трубы и монтажных размеров не требуется. Время, которое необходимо на измерения, составляет 5-6 минут.

Длина участка проходки не влияет на точность определения положения с использованием гироскопа, а значит и точность измерений остается неизменной: как после проходки трассы длиной 100 м, так и в случае, когда длина интервала проходки составляет 500 м. Точность же по высоте составляет 3-4 мм, а отклонение движения машины от заданного направления не должно превышать 4-5 см в зависимости от ведения машины и инженерно-геологических условий.

После каждого метра проходки в режиме GNS должно проводиться гироскопическое измерение с целью актуализации значений отклонения от положения. В качестве исходных параметров вводят географическую широту района работ, измеряемые координаты оси машины и истинное направление машины (азимут машины). Для определения азимута машины поступают следующим образом: маркшейдер определяет две точки на оси щита - в начале у ротора и в конечной части машины, а затем по полученным координатам определяется азимут машины.

Сама процедура измерения имеет значительное преимущество в том, что установка лазера опорных призм, дополнительных блоков управления и мишени не требуется, так как гироскоп установлен непосредственно в ТПМК, а не отдельно в трубном ставе. Отсутствие необходимости в постоянной видимости между компонентами системы, простые контрольные измерения и более точное определение высоты с помощью гидроуровня с перечисленными выше особенностями GNS делают эту систему более эффективной и компактной по сравнению с другими системами навигации, используемыми при проходке криволинейных участков.

У рассматриваемой системы имеются следующие недостатки: ограничения, связанные с горно-геологическими условиями проходки тоннеля, частые контрольные измерения (каждые 40-50 м), невозможность непрерывного отображения положения машины, подверженность вибрации, которая может повлиять на процесс измерения, а так же зависимость от дрейфующего положения машины.

Ввиду криволинейной траектории участка и сложных горно-геологических условий проходческая машина может двигаться не вдоль своей конструктивной оси, а со смещением поперек продольной оси. Возникающий при этом угол отклонения называется углом дрейфа. Он оказывает существенное влияние на измерения и полностью переходит в неточность навигации.

Рисунок 2 иллюстрирует понятие дрейфующего положения щита. Цифрой 1 обозначена проходческая машина, цифрой 2 - продольная ось машины, VTR – направление движения, угол X – возникающий угол дрейфа.

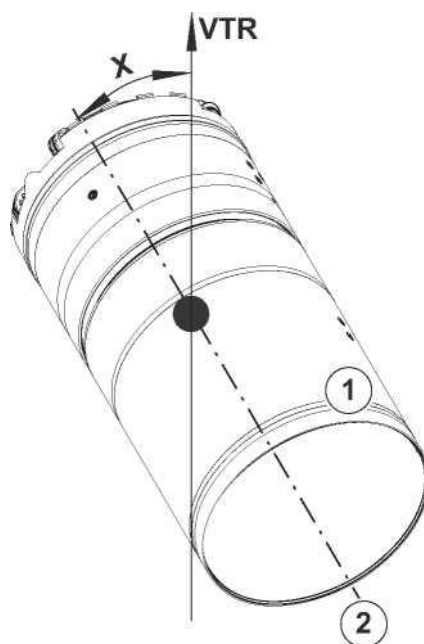


Рис. 2. Дрейфт проходческой машины

Для того чтобы снизить влияние ошибки, проводят регулярные контрольные измерения (каждые 40 метров) и определяют угол дрейфа, а затем вводят в расчеты в качестве поправки с учетом знаков. Знак угла дрейфа может изменяться в зависимости от типа используемой машины и горно-геологических условий проходки. Геометрия машины, если она не ровная и симметричная, может оказывать на дрейф нетипичное влияние.

Навигационные системы, применяемые при проходке микротоннелей, позволяют определять пространственное положение ТПМК в реальном времени, что значительно увеличивает скорость, точность и качество возводимого сооружения. Также существует возможность зафиксировать горизонтальные и вертикальные отклонения от заданных значений.

К преимуществам рассмотренной системы можно отнести:

- целенаправленная и точная навигация вдоль запланированной оси тоннеля на криволинейных участках;
- определение и управление текущим положением установки и вероятными направлениями движения щита;
- повышенная безопасность работ и автоматизация процессов благодаря системам мониторинга для управления операциями проходки тоннеля;
- возможность быстрого вмешательства благодаря немедленному обнаружению отклонений;
- минимальные трудозатраты контрольных измерений;
- высокая точность применяемых систем навигации.

Применение рассмотренной навигационной системы экономит время, гарантирует плавное ведение щита с минимальными отклонениями от заданной трассы и сводит силы сопротивления трубного става о грунт к минимуму.

#### *Список литературы / References*

1. Инструкция по геодезическим и маркшейдерским работам при строительстве транспортных тоннелей [Текст]: ВСН 160–69: введ. 01.04.70. Минтрансстрой. М., 1970. 60 с.
2. Инструкция по производству маркшейдерских работ [Текст]: РД 07-603-03. СПб.: ЦОТПБСП, 2003. 120 с.
3. *Оглоблин Д.Н. и др.* Маркшейдерское дело. Изд. 2 перераб. и доп. // М.: Недра, 1972.