

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ УКАЗАТЕЛЕЙ НАПРАВЛЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТРОПОЛИТЕНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Описывается история внедрения лазерных указателей при строительстве метрополитена города, а также дается характеристика современного парка ЛУН и исследуются проблемы использования их на сегодняшний день.

The history of an intrusion of the laser of direction is described at building underground of city, and also the characteristic of a modern park of the laser of direction and problem of usage them for today is given.

При проходке тоннелей метрополитена непосредственной задачей маркшейдерской службы является перенесение проектов подземных сооружений в натуру с соблюдением основных габаритов и наблюдения за ходом строительного процесса с целью своевременного устранения отклонений от проекта, ведущих к удорожанию строительства и нарушению технических условий конструкций. В этой связи особое значение в маркшейдерской практике приобретает задание направлений для проходки подземных выработок.

Ранее для задания направления использовались геодезические приборы и шнуровые отвесы. С появлением первых оптических квантовых генераторов стало возможно использовать прямолинейность распространения лазерного луча. Первые лазерные указатели направления (ЛУН) были громоздки, что затрудняло их применение в горных выработках. Научно-технический прогресс внес значительные коррективы в конструкцию самих лазеров и приборов, созданных на их базе. Посте-

ленно ЛУНы вытеснили из практики световые указатели направления и обычные геодезические приборы. В настоящее время лазерные указатели направления нашли широкое применение не только в горнодобывающей промышленности, но и при строительстве метрополитенов и подземных сооружений.

Впервые ЛУНы применили в 1977 г. при сооружении бокового тоннеля колонной станции «Гражданский проспект». Проходка производилась с использованием пилот-тоннеля, пройденного ранее механизированным щитовым комплексом, что позволило разместить ЛУН-3 впереди движущегося забоя. При этом лазерный луч был ориентирован таким образом, что в вертикальной и горизонтальной плоскостях он совпадал с осью бокового тоннеля станции. Это позволяло выполнять замеры эллиптичности обделки непосредственно от самого луча.

В дальнейшем маркшейдерская служба СМУ-17 учла все недостатки конструкции серийно выпускаемых ЛУН-3 и

самостоятельно создала лазерный указатель направления для проходки горизонтальных выработок. В качестве источника излучения применялась гелиево-неоновая газовая лазерная трубка ЛГ-78, закрепленная на основании, созданном из отдельных узлов геодезических приборов. Коллимирующая система была представлена визирной трубой нивелира НВ-1, специально обточенной до внешнего диаметра лазерной трубки, что позволило уменьшить угол рассеивания пучка более чем в 30 раз. Предложенная конструкция впервые была применена в 1979 г. на шахте 412 и нашла широкое применение при проходке горизонтальных выработок различного назначения.

В дальнейшем лазерные трубки ЛГ-78 были заменены на более мощные ЛГН-207/208, что вызвало необходимость видоизменения узла их соединения с коллиматором. Увеличенная мощность лазерного излучателя позволила применять данный тип ЛУНов для проходки горизонтальных выработок повышенной протяженности механизированными щитовыми комплексами. При этом в условиях ограниченной видимости в тоннеле удаленность щита от ЛУНА достигала 350 м, а диаметр лазерного луча не превышал 30 мм. Применение в качестве коллиматора визирных труб от различных геодезических приборов позволяет сфокусировать лазерный луч на конкретное расстояние и корректировать его диаметр в процессе дальнейшей проходки.

Для пространственной ориентации лазерного луча и дальнейшего контроля за его положением используется набор диафрагм с различным диаметром отверстий, что позволяет существенно уменьшить диаметр пучка. По мере проходки тоннеля

вывешиваются диафрагмы, диаметр отверстий которых пропорционален расстоянию между ЛУНом и забоем. При этом следует отметить, что большинство выработок метрополитена проходится сплошным забоем, а горно-проходческое оборудование не позволяет ориентировать лазерный луч таким образом, чтобы он совпадал с проектной осью тоннеля. Поэтому ЛУН, как правило, располагают в одной вертикальной плоскости с осью тоннеля над проходческим оборудованием, а центр обделки выносится линейными домерами при помощи шнуrowого отвеса. На криволинейных участках трассы тоннелей направление для их проходки задается стягивающими или секущими хордами с введением заранее рассчитанных поправок на каждое конкретное положение забоя.

В 1979 г. при проходке перегонного тоннеля к станции «Ломоносовская» сотрудниками Новочеркасского политехнического института была предпринята попытка полностью автоматизировать процесс управления при передвижении механизированного щитового комплекса. На щитовых дугах были расположены два датчика, фиксирующие положение лазерного луча, а их перемещение позволяло определять отклонение оси щита от проектного положения. Счетно-решающий прибор выдавал данные на гидравлические домкраты передвижения щитовой оболочки, что позволяло корректировать ее пространственное положение в процессе проходки. Для задания направления на криволинейных участках трассы применялась отклоняющая призма, угол поворота которой определялся счетно-решающим прибором на каждое передвижение щита и обрабатывался специальным электродви-

гателем, связанным с ним. В процессе эксплуатации система давала частые сбои, не обеспечивая надежную связь ЛУН – призма – забой. Маркшейдерской службе приходилось ежедневно контролировать положение щитового комплекса, определяясь при помощи щитового прибора и нивелира, и корректировать положение лазерного луча. По этой причине предложенная система не нашла дальнейшего применения в практике проходки тоннелей.

Помимо указанных выше приборов для задания направления горизонтальным выработкам широко используются серийно выпускаемые УНЛЗ-5У с системой отклоняющего оптического клина. Однако значительный угол рассеивания лазерного луча позволяет применять их при проведении выработок незначительного протяжения, как правило, не более 100 м.

Строительство любого подземного объекта метрополитена начинается с проходки вертикального ствола, который оборудуется в дальнейшем клетевым подъемом с жесткими допусками на основные зазоры и габариты. Поэтому маркшейдерская служба ведет постоянный контроль за эллиптичностью обделки в процессе ее монтажа. Для задания направления проходки вертикального ствола ЛУН впервые был применен работниками СМУ-17 на шахте 412 (станция «Пролетарская»). Конструкция ЛУНа была также самостоятельно разработана сотрудниками маркшейдерского отдела. Лазерная трубка с коллимирующей системой вставлялась в теодолитный трегер, горизонтальное положение которого определялось круглым уровнем. Контроль за вертикальностью лазерного луча обеспечивался промежуточной диафрагмой, а также вра-

щением самой трубки в трегере. При этом лазерный луч описывал на забое окружность, а ось обделки фиксировалась центром этой окружности. Бадьевой подъем расположили таким образом, чтобы он был в стороне от оси ствола и не препятствовал прохождению лазерного луча в забой. Подобная конструкция применялась также при проходке вертикальных стволов на шахтах 531 и 532 (станция «Перспектив Большевиков»).

В районе аварийного участка зоны размыва СМУ-11 был пройден вертикальный ствол шахты 213-бис с внешним диаметром 8,5 м с монтажом сборной железобетонной обделки. Сотрудниками фирмы «JV Impregilo-NCC» были предъявлены повышенные требования к геометрии крепи. Эллиптичность обделки не должна была превышать ± 15 мм, что объяснялось минимальными зазорами при опускании узлов тоннелепроходческого комплекса. Во ВНИМИ был создан интерференционный надир-проектор ЛНПИ-1 на базе полупроводникового лазера. Вертикальность лазерного луча определялась двумя цилиндрическими уровнями, закрепленными на корпусе проектора в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Для дополнительного контроля на проходческом полке находилась диафрагма, плановое положение которой проверялось при помощи отвеса. Данный лазерный прибор применяется в настоящее время при проходке монолитного вертикального ствола на шахте 214-бис.

Сооружение эскалаторных тоннелей относится к разряду особо сложных работ и требует повышенного внимания со стороны маркшейдерской службы. Ранее для задания проходки наклонного хода использовались точные оптические теодо-

литы типа ТБ-1 (Т2), что требовало звуковой или световой связи-сигнализации наблюдателя с забоем.

Для усовершенствования маркшейдерских работ на СМУ-17 был создан ЛУН для задания направления наклонным выработкам на базе теодолита ТБ-1 и лазерной трубки ЛГ-78 (впоследствии ЛГН-207/208) с коллимирующей системой. На металлическом столике вблизи устья наклонного хода устанавливался теодолитный трегер с определенным пространственным положением. Теодолитом ТБ-1 задавалось направление проходки, которое фиксировалось диафрагмой, затем в трегер вставлялся ЛУН, лазерный луч которого, пройдя через отверстие в диафрагме, определял в забое плановое положение оси. Высотное положение центра обделки определялось линейным домером по шнуровому отвесу. В процессе проходки производился контроль за пространственным положением диафрагмы и трегера. Для съемки плоскости монтируемых колец использовалась пентапризма, установленная в забое и преломляющая лазерный луч на 90° . При вращении пентапризмы луч описывал окружность, перпендикулярную оси наклонного хода. Данная система нашла широкое применение при проходке эскалаторных тоннелей на шахтах 532, 524, 514 и 512.

Помимо пространственной ориентации подземных выработок маркшейдерская служба проводит наблюдение за деформацией их крепи. Широкий комплекс работ по наблюдению за горизонтальными и вертикальными деформациями основных конструкций был проведен при строительстве колонных станций «Перспект Просвещения» и «Адмиралтейская». При этом производились измерения деформаций сводов обделок боковых тоннелей и среднего зала, а также планово-высотные перемещения блоков колонно-прогонного комплекса. Во время проведения всего комплекса работ нашли широкое применение ЛУНы, которые в сочетании со специально изготовленными шаблонами позволили значительно сократить время замеров и уменьшить погрешность наблюдений.

Таким образом, лазерные указатели направления нашли широкое применение в практике строительства объектов метрополитена. Сегодня проходка практически любой подземной выработки протяженностью более 15 м не обходится без использования ЛУНа. Совершенствование конструкции самих лазеров и уменьшение их внешних размеров приводит к повышению дальности и точности задания направления, а также позволяет уменьшить габариты самих приборов.