УДК 624.1

М.Г.ПОПОВ, *канд. техн. наук, доцент, mice8@yandex.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

M.G.POPOV, *PhD in eng. sc., associate professor, mice8@yandex.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА МЕГАПОЛИСОВ С ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКОЙ

Описаны технологические решения, использованные при строительстве стволов шахт в условиях городской застройки. Рассмотрена технология сооружения постоянной крепи. Приведены основные геометрические параметры объектов и несущих конструкций. Выделены преимущества каждой технологи, а также ее недостатки.

Ключевые слова: ствол, котлован, крепь, технология строительства, сваи, грунт.

HIGH TECHNOLOGY OF UNDERGROUND CONSTRUCTION IN MEGA-CITIES WITH DENSE URBAN

The technology of construction of the mine shaft in urban areas. The technology of construction of permanent roof supports. The main characteristics of the objects and supporting construction. The advantages of each technology, as well as its shortcomings.

Key words: shaft, foundation pit, lining, construction technology, piles, soil.

При строительстве подземных сооружений в условиях Санкт-Петербурга возникает множество проблем, связанных с наличием сложных водонасыщенных грунтов и плотной застройки. Это подчеркивает актуальность разработки новых и совершенствования существующих технологий строительства стволов шахт коллекторов.

Современный опыт строительства ствола шахты УРС-422. Ствол является частью продолжения главного коллектора канализации северной части Санкт-Петербурга.

Шахта № УРС-422 диаметром 20 м и глубиной 91,9 м расположена на территории городской застройки в северной части Петербурга на Выборгской набережной между Гренадерской улицей и Крапивным переулком. Она предназначена для регулирования стоков продолжения главного коллектора северной части города в зоне дюкера. К стволу примыкают микротоннель от шахты № 414Б/4 на глубине 32,55 м до лотка и штольня от шахты № 422/2 на глубине 90,0 м до лотка*.

* *Попов М.Г.* Новые технологии освоения подземного пространства мегаполисов: строительство ствола шахты главного коллектора в сложных инженерно-геологических условиях / М.Г.Попов, А.А.Громов, А.Д.Куранов // Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения: Труды 9-й Межрегион. науч.-практ. конф. Воркута, 2011. Т.1. С.41-45.

Popov M.G., Gromov A.A., Kuranov A.D. New technology development of underground space cities: building the shaft of the main collector in difficult engineering-geological conditions // Development of mineral resources in the North: Challenges and Solutions: Proceedings of the 9th Interregional Scientific and Practical Conference. Vorkuta, 2011 Vol.1. P.41-45.

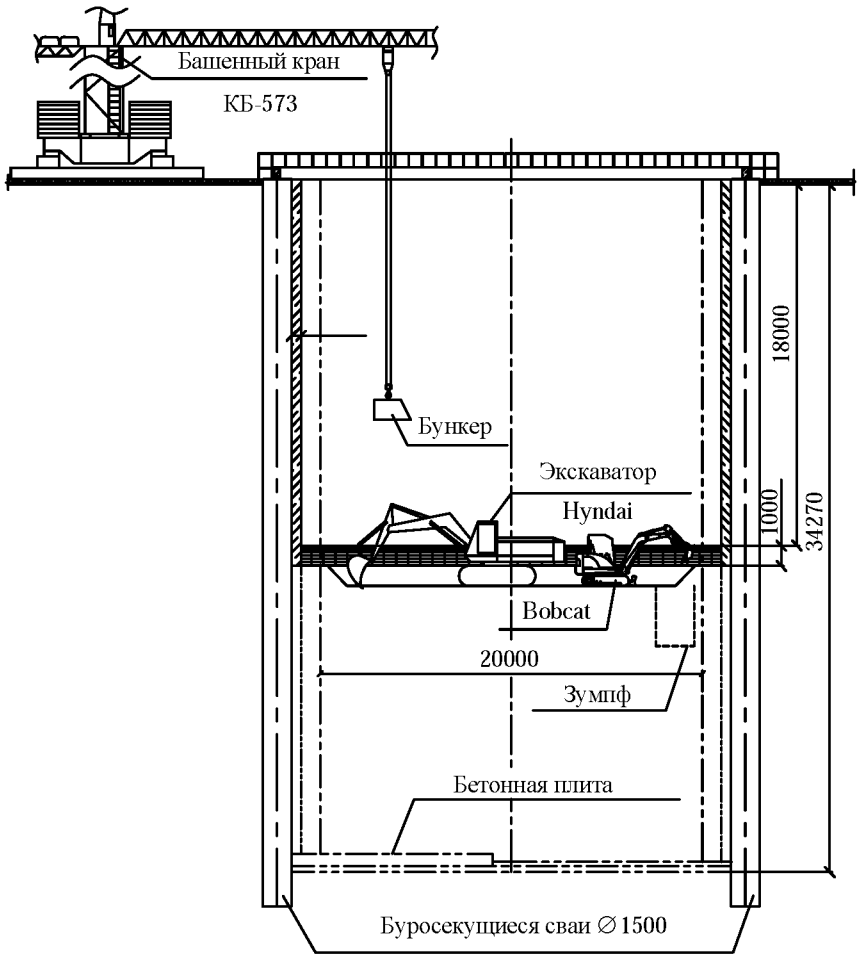


Рис.1. Строительство ствола шаты

В геологическом строении территории принимают участие осадочные отложения четвертичного и дочетвертичного возрастов, залегающие на кристаллическом фундаменте. Общая мощность осадочных образований составляет в данном районе немногим более 200 м. Рельеф фундамента в пределах прохождения трассы спокойный, его отметки изменяются в пределах от минус 206 до минус 220 м. Выше водоупорного горизонта расположены неустойчивые водонасыщенные грунты четвертичного периода.

Сооружение шахты диаметром 20 м, глубиной 91,9 м с двухслойной обделкой из монолитного железобетона предусматривается выполнять с ограждением из буросекущих свай диаметром 1,5 м до глубины 36 м. Диаметр окружности по центрам свай 24,5 м. В шахте предусматривается возведение второго слоя железобетонной обделки. Все монолитные бетонные и железобетонные элементы выполняются из бетона на основе сульфатостойкого портландцемента.

Строительство ствола шахты № УРС-422 выполняется в четыре этапа. На первом этапе сооружают ограждение ствола буросекущими сваями на глубину 36 м (рис.1), на втором этапе – ствол на глубину 10 м. Грунт в забое разрабатывают экскаватором Hyundai R 210 L-7 LONG REACH, перемещающимся по бровке котлована, и миниэкскаватором Bobcat X 442, находящимся внутри котлована.

Разработка слоев производится следующим образом: сначала средняя часть с

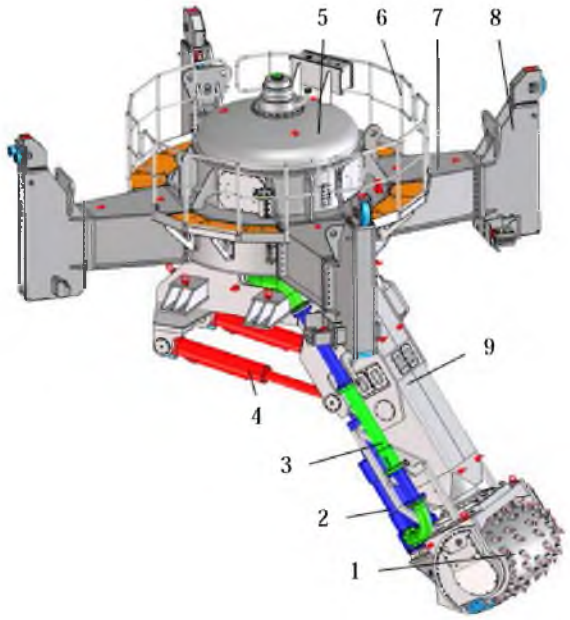


Рис.2. Забойный агрегат
1 – фрез-барабан; 2 – насос для откачки пульпы; 3 – подающий трубопровод; 4 – маятниковые гидродомкраты; 5 – корпус; 6 – ограждения; 7 – распорная крестовина; 8 – распорный башмак; 9 – телескопическая стрела

оставлением бермы и планировкой поверхности к зумпфу, затем в шахматном порядке боковые заходки; далее разрабатывается грунт оставшейся средней части и боковые заходки. Боковые заходки бетонируются.

На третьем и четвертом этапе сооружают ствол шахты до глубины 34,2 м и 91,9 м соответственно. Проходку ствола шахты ведут заходками по 2 м с разработкой забоя по секторам. Одновременно с разработкой грунта монтируют в секторах инвентарную опалубку и бетонируют участки обделки. С шагом 6 м по высоте устраивают армированные пояса высотой 0,5 м. При достижении забоем проектной отметки (–88,5 м) устраивается монолитное бетонное днище толщиной 2,0 м.

При строительстве крупных объектов, например ствола шахты УРС-422, в сложных инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга необходимо проводить наблюдения за состоянием зданий и сооружений, которые находятся в зоне влияния подземных работ.

Метод опускной крепи с гидропригрузом забоя, применением сборной высокоточной водонепроницаемой железобетонной обделки и стволопроходческой машины VSM-7700. Метод разработан немецкой фирмой «Herrenknecht» (рис.2). После предварительной проверки работоспособности элементов стволопроходческого комплекса, разрушения бетонного опорного кольца под ножевой секцией крепи и ее заполнения водой или раствором бентонитовой глины до расчетного уровня (на 1 м выше уровня грунтовых вод) выполняют комплексную проверку и отладку работоспособности всей системы.

Проходка ствола включает в себя четыре основные операции:

- разработку породы в забое исполнительным органом забойного агрегата (фрез-барабаном на телескопической стреле) заходками по 1 м с отсосом пульпы;
- транспортировку пульпы на поверхность в отстойники и сепаратор с одновременной подачей на забойный агрегат освеженного глинистого раствора или воды;
- опускание на 1 м крепи ствола при помощи гидродомкратов на опорной раме;
- возведение очередного кольца высотой 1 м сборной железобетонной крепи из четырех высокоточных тюбингов.

Разработку породы выполняют телескопической стрелой с фрез-барабаном, который поэтапно обрабатывает забой в результате телескопического удлинения стрелы, ее маятникового перемещения в вертикальной плоскости и вращательного движения вокруг оси ствола (рис.3). Рассматриваемый стволопроходческий комплекс может работать в рыхлых, мягких и твердых грунтах. Для этого предусмотрены три положения по высоте забойного агрегата в ножевой секции крепи: верхнее, среднее и нижнее. На концах распорной крестовины агрегата расположены четыре гидродомкрата с ходом 1,1 м, которые обеспечивают выполнение этой задачи.

Крепь ствола собирают из четырех железобетонных гладкостенных тюбингов высотой 1 м. В кольце устанавливают последовательно тюбинги с охватом по дуге 85 и 95°. В смежных кольцах для перевязки швов меняют местоположение этих тю-

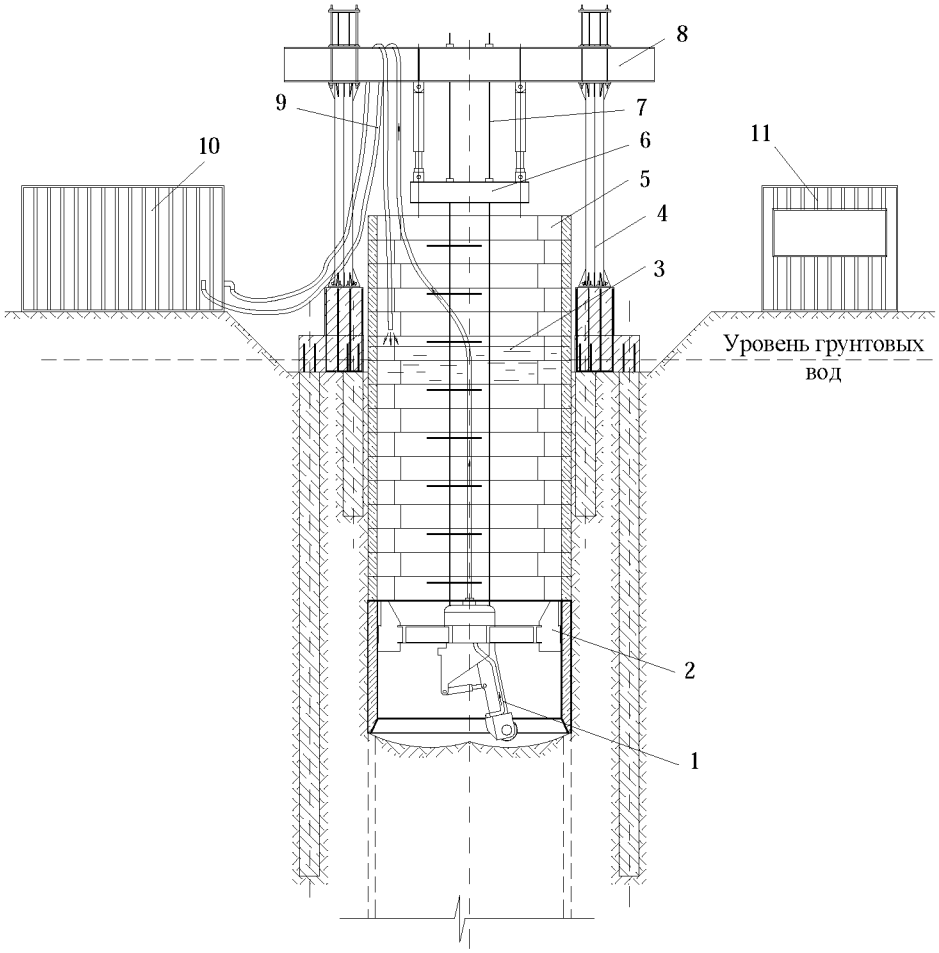


Рис.3. Технологическая схема проходки ствола

1 – стрела забойного агрегата; 2 – распорная крестовина; 3 – уровень глинистого раствора в стволе; 4 – нога опорной рамы; 5 – крепь ствола; 6 и 7 – траверса и тяги для подвески крепи ствола соответственно; 8 – опорная рама; 9 – шланг для пульпы и глинистого раствора; 10 – отстойник; 11 – пульт управления

бингов. Между кольцами устанавливают стальные подвесы диаметром 18 мм в вертикальных каналах диаметром 42 мм. Для гидроизоляции стыков каждый тюбинг по периметру имеет резиновые прокладки. Сборка колец опускной крепи у поверхности земли может выполняться одновременно с разработкой породы в забое.

После проходки ствола на проектную глубину и демонтажа забойного агрегата в нижней части ножевой секции крепи сооружают бетонное днище методом подводного бетонирования. Перед возведением бетонного днища в стволе внутреннюю поверхность ножевой секции для ее надлежащего сцепления с бетоном очищают от глиногрунтового налета.

Опыт проходки стволов стволопроходческим комплексом VSM-7700 фирмы «Herrenknecht» свидетельствует о том, что в геологических, гидрогеологических и климатических условиях Санкт-Петербурга его применение вполне целесообразно.