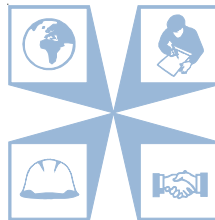


***MULTIFUNCTIONAL COMPLEX «ALFA-ARBAT-CENTRE» IN
MOSCOW: CONSTRUCTION OF THE FIVE-LEVEL
UNDERGROUND PARKING-GARAGE
(RUSSIAN VERSION PDF)***

***P.B. Yurkevich,
Yurkevich Engineering Bureau Ltd.,
Moscow, Russian Federation***



СТРОИТЕЛЬСТВО ПОДЗЕМНОЙ ПЯТИУРОВНЕВОЙ АВТОСТОЯНКИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА «АРБАТ-ЦЕНТР» В МОСКВЕ



**П.Б. Юркевич,
ООО «Инженерное бюро Юркевича»
Москва, Россия**

Возведение подземной автостоянки Многофункционального комплекса «Арбат-Центр» осуществляется в зоне особого историко-культурного контроля на пересечении улицы Арбат и Гоголевского бульвара.

Условия строительства осложнены близким расположением сохраняемых зданий, двухочкового коллектора, станции метро «Арбатская» Филевской линии мелкого заложения и двух тоннелей метро Арбатско-Покровской линии глубокого заложения.

Объект расположен в пределах верхнечетвертичной аллювиальной террасы Москва-реки, сnivelированной многовековым антропогенным воздействием, и характеризуется значительной закарстованностью карбонатных пород верхнекаменноугольного возраста, большими мощностями техногенных грунтов, повышенными скоростями оседания дневной поверхности (по сравнению с фоновыми) и высоким уровнем техногенного воздействия (особенно со стороны действующей Филевской линии метрополитена).

Геологический разрез на глубину до 43 м представлен:

- современными техногенными образованиями мощностью от 3 до 6,4 м;
- верхнечетвертичными аллювиальными песчаными отложениями мощностью от 5,6 до 14,6 м;
- ниже-среднечетвертичными аллювиально-флювиогляциальными песчано-глинистыми отложениями мощностью от 0,8 до 3,3 м;
- карбонатно-глинистыми отложениями верхнего отдела каменноугольной системы мощностью от 17,8 до 28,9 м.

В пределах участка строительства вскрыты три водоносных горизонта: Аллювиальный, Перхуровский и Ратмировский. Аллювиальный горизонт безнапорный с установившимся зеркалом грунтовых вод на глубине 15-16 м от поверхности; Перхуровский – напорно-безнапорный. Водовмещающими породами служат щебень, дресва известняков с мучнистым заполнителем и известняки сильнотрещиноватые, кавернозные, разбитые до состояния глыб и щебня. Кровля этого горизонта залегает на глубине 16-18 м, а в зоне отсутствия местного водоупора – на 20 м. Пьезометрические уровни устанавливаются на 1-6 м выше кровли местного водоупора. Ратмировский водоносный напорный горизонт приурочен к доломитам и известнякам трещиноватым. Пьезометрические уровни расположены на 17-18 м выше кровли этого горизонта.

Технико-экономическим обоснованием предусматривалось сооружение четырехэтажной подземной отдельно стоящей автостоянки Многофункционального комплекса «Арбат-Центр» открытым способом с временной металлической двухуровневой крепью ограждения котлована, выполняемого методом «стена в грунте». При этом учитывалось размещение над подземной автостоянкой двухэтажной технологической части главного корпуса комплекса и перспективы строительства над нею многоэтажного офисного здания.

Именно на этой основе началось рабочее проектирование подземной автостоянки, и по заказу французской подрядной фирмы «Soletanche Bachy» весной 2001 г. нами был

выполнен проект траншейных стен ограждения котлована и их временной крепи. Монолитные железобетонные траншейные стены толщиной 60 см и площадью 5952 м² приняты одновременно несущими и противодиффузионными. Гидроизоляция стыков между панелями траншейных стен предусмотрена гидроизолирующими лентами типа «Waterstop», устанавливаемыми по технологии фирмы «Soletanche Bachy» (рис. 1).

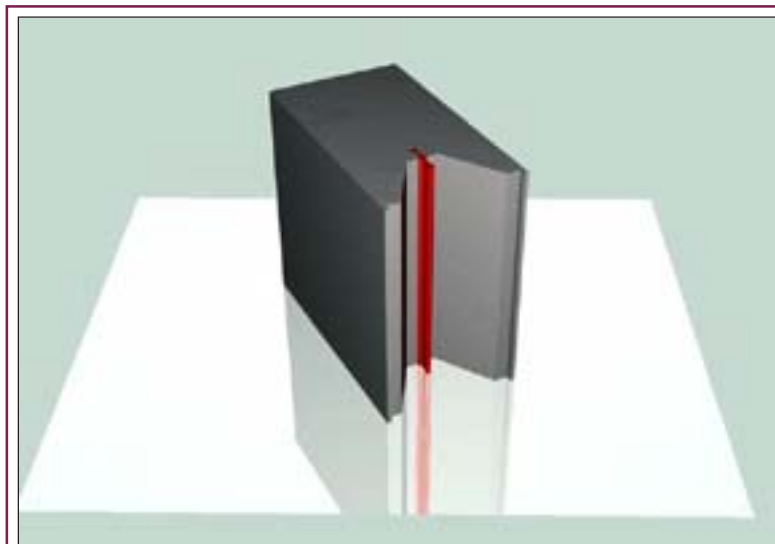


Рис. 1. Фрагмент опережающей панели траншейной стены с гидропрокладкой «Waterstop» после извлечения ограничителя «Stopsol».

Разработка траншеи осуществлялась захватками длиной от 5,6 до 7,6 м грейфером с величиной раскрытия 2,7 м, а вблизи существующих зданий – захватками длиной 2,7 м. Качество сопряжения траншейных стен гарантировалось угловыми Г-образными захватками, качество стыков между панелями - использованием торцевых извлекаемых ограничителей панелей («Stopsol») и опережающей разработкой траншеи до их извлечения.

Временное металлическое крепление котлована размерами 97 x 25 (28) м и глубиной 16,5 м предусматривалось двух-

уровневым:

- верхний уровень с поясами из сдвоенных двутавров 50Б1, расстрелами и подкосами из труб диаметром 820 x 8 мм;
- нижний – с поясами из сдвоенных двутавров 60Б1, расстрелами и подкосами из труб диаметром 920 x 8 мм.

В соответствии с данными инженерно-геологических изысканий и прогнозированием глубины залегания толщи разрушенных Перхуровских известняков, неподдающихся грейферной разработке, траншейные стены были запроектированы глубиной 23,9 м на участках значительной эрозии их кровли и 21,4 м – на остальных. Такое заглубление траншейных стен призвано было обеспечить требуемую несущую способность и жесткость их оснований с учетом перспективного строительства над автостоянкой многоэтажного офисного здания.

Однако в процессе возведения траншейных стен вскрылись различия между фактической глубиной залегания упомянутого слоя и прогнозируемой. В результате траншейные стены были выполнены лишь на глубину 19,5-20 м. Тем не менее, этой глубины было достаточно как для возведения 4-уровневой подземной автостоянки открытым способом с двухуровневой временной металлической крепью, так и для перспективного строительства. К тому же, с помощью закладных металлических труб, закрепляемых на арматурных каркасах, производилась инъекционная цементация разрушенных Перхуровских известняков и доломитов в основании траншейных стен на глубину 5 м от их подошв.

Армирование панелей траншейных стен подбиралось в полном соответствии с расчетными стадиями, связанными как с особенностями разработки грунта в котловане и установки временной металлической крепи, так и с последовательностью возведения несущих железобетонных конструкций. Учитывалось, что при эксплуатации подземной автостоянки траншейные стены будут подперты фундаментной плитой, тремя

междуэтажными перекрытиями, а также покрытием в уровне земли. Стены и несущий каркас получают дополнительные нагрузки от возведенного над автостоянкой здания в будущем.

Результаты наших геомеханических расчетов, выполненных в начале 2001 г., показали, что планируемого усиления фундаментов близлежащих зданий только со стороны строящейся подземной автостоянки при открытом способе работ явно недостаточно (требуется дополнительное усиление фундаментов внутренних стен и на большую глубину), но нет угрозы повреждения станции «Арбатская» Филевской линии метрополитена.

Основываясь на геотехническом прогнозе деформаций близлежащих зданий при открытом способе и учитывая стесненность условий строительства, на протяжении более полугода мы настоятельно рекомендовали генеральному подрядчику – финской фирме «SKANSKA East Europe Oy» перейти на полузакрытый способ строительства, а застройщику – ЗАО «Сиракузы» – заменить некомпетентных в подземном строительстве проектировщиков.

Когда возведение укороченных траншейных стен практически было завершено, застройщик принял решение об увеличении этажности подземной автостоянки с 4-х до 5-ти уровней, обосновывая его более глубокой проработкой планировки отдельных сооружений комплекса и коммерческой целесообразностью.

В сложившейся ситуации в ноябре 2001 г. ЗАО «Сиракузы» заказало нам проект основных технических решений, позволявший сопоставить варианты открытого и полузакрытого («top-down») способов строительства и принять правильное решение.

Понадобилось еще несколько месяцев, чтобы окончательно убедиться в преимуществах полузакрытого способа возведения пятиэтажной подземной автостоянки и получить согласие Московского метрополитена, принимая во внимание, что расстояние от цементуемых оснований буровых колонн до шельги тоннелей составляет около 5,5 м (рис. 2).

Именно с учетом дополнительных осложняющих факторов по нашей рекомендации

Расчетная модель отражает:

- в надземной части слева – корпус второй очереди строительства, справа – главный корпус первой очереди строительства;

- в подземной части слева – подземную пятиуровневую автостоянку, справа – станцию метрополитена «Арбатская» Филевской линии, между ними – коллектор, под ними – тоннели метрополитена Арбатско-Покровской линии.

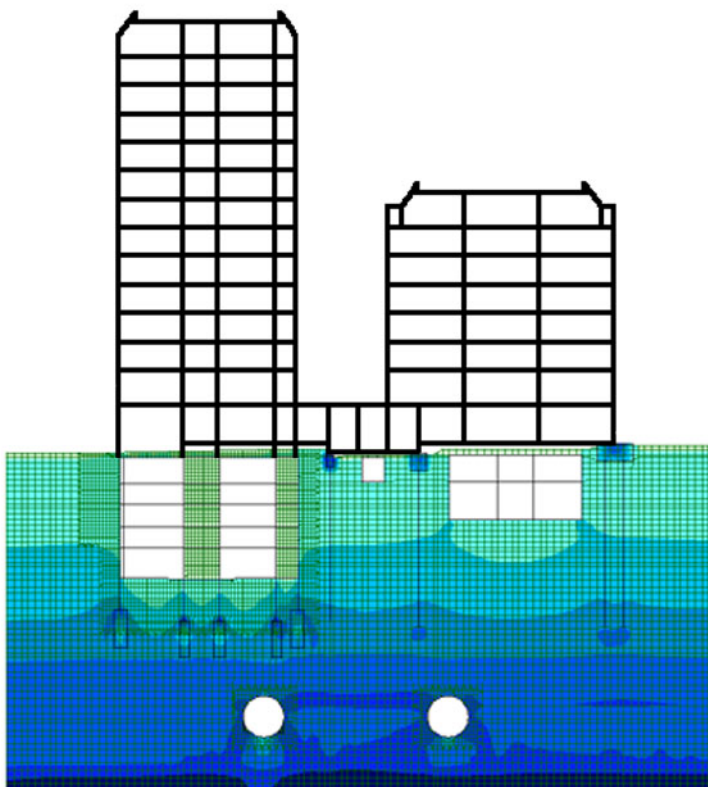


Рис. 2. Изополя главных напряжений N3 в грунтовом массиве после завершения строительства Многофункционального комплекса «Арбат-Центр».

и на основе нашей предварительной проработки застройщиком и генеральным подрядчиком было принято решение о переходе от открытого способа к наиболее безопасному – полужакрытому, который позволял совместить строительство пятиуровневой автостоянки с завершением сооружения главного корпуса, возведением конструкций пристройки к нему, а также сократить общую продолжительность работ на всем комплексе.

В настоящее время по заказу ЗАО «Сиракузы» нами ведется проектирование всех несущих конструкций, гидроизоляции, общей и специальных технологий сооружения этой подземной автостоянки. Нам поручены техническое сопровождение и консультирование строительства, а также авторский надзор над ним.

Впервые в России на этом объекте с использованием наших «know-how» при возведении подземных многоуровневых автостоянок полужакрытым способом вместе с перекрытиями по схеме «сверху-вниз» сооружаются не только лифтовые шахты и лестничные клетки, но и въездные ramпы с пандусами-серпантинами. Это новшество позволяет использовать конструкцию ramп в качестве постоянной крепи на каждой из стадий проведения работ, доставлять по ним материалы и малогабаритные изделия, сдавать под отделку и монтаж инженерных систем готовые верхние этажи параллельно со строительством нижних (рис. 3).

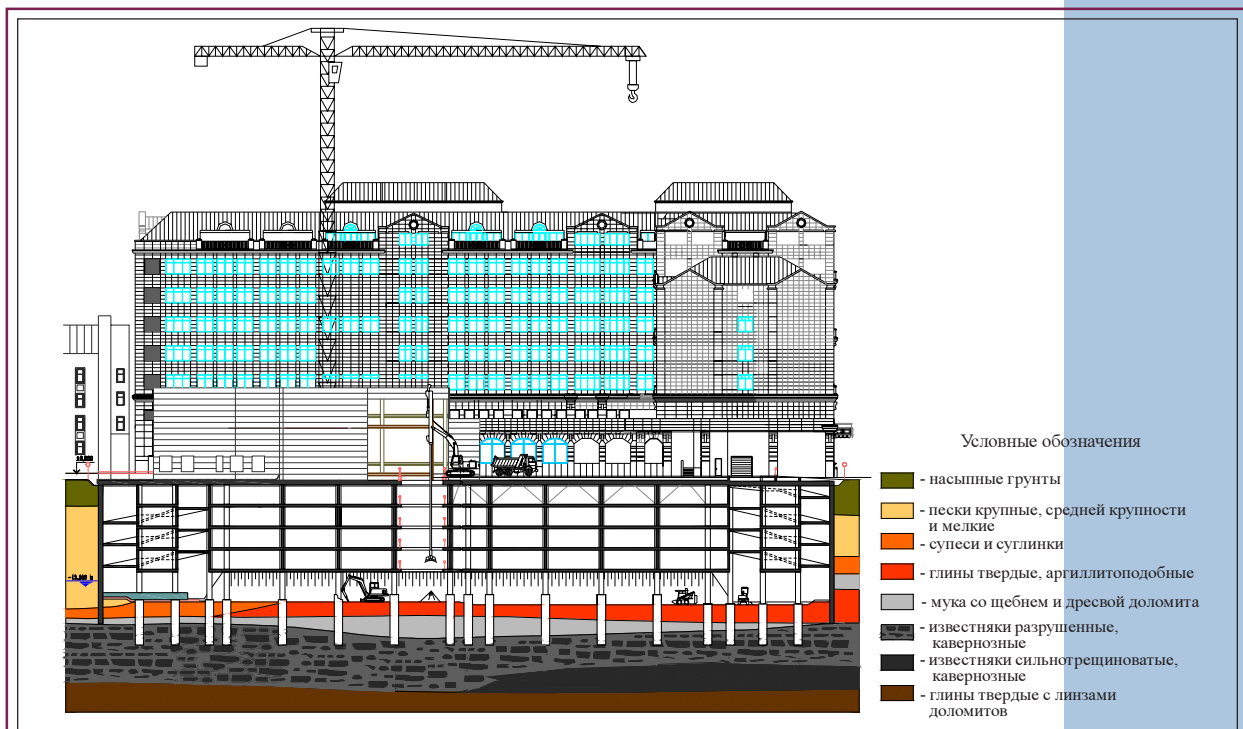


Рис. 3. Строительство подземной автостоянки Многофункционального комплекса «Арбат-Центр» полужакрытым способом. Продольный разрез.

В сентябре 2002 г. прекратилась аренда прилегающей к подземной автостоянке территории соседнего владения, и площадь строительной площадки Многофункционального комплекса «Арбат-Центр», занятая практически возведенным несущим каркасом главного корпуса, сократилась до пятна застройки самой автостоянки (около 2800 м²). Иного выхода, как перенести строительную площадку на покрытие подземной автостоянки не осталось. Поскольку над ней возводится параллельно двухэтажная технологическая пристройка к главному корпусу комплекса, реальные размеры строительной площадки автостоянки сократились до 1000 м² (рис. 4).

В результате сокращения стройплощадки и с учетом того, что траншейные стены были выполнены непроектной глубины и рассчитаны на сооружение четырехуровневой



подземной автостоянки открытым способом, проектирование и строительство пятиуровневой подземной автостоянки полужакрытым способом при глубине котлована 18,5 м наряду с уникальным стало еще и виртуозным.

Буровые колонны, конструкция и технология возведения которых основаны на наших «know-how», стали ключевым звеном полужакрытого способа.

59 буровых колонн диаметром 72/120 см и длиной 22,5 м из бетона класса В30 установлены полностью российской фирмой ЗАО «Объединение «Ингеоком» с поверхности строительной площадки в качестве постоянных несущих конструкций, не требующих никакого последующего усиления или доработки, кроме покраски.

Точность выполнения колонн (отклонение от вертикали не более 1:500) достигалась за счет использования собственной силы тяжести цельных арматурных каркасов диаметром 72/98 см при их центрировании в скважинах диаметром 120 см, пробуренных под защитой бентонитового раствора. Допустимое отклонение голов колонн по высоте с учетом конструкции узлов их сопряжения с перекрытиями и фундаментной плитой при этом составляло ± 100 мм. Дополнительно также были выполнены 3 буронабивные сваи диаметром 120 см с отцентрированными арматурными каркасами за внешним контуром подземной автостоянки в качестве фундаментов перспективного многоэтажного офисного здания.

Цементация разрушенных и закарстованных Перхуровских известняков в основаниях буровых колонн и упомянутых свай производилась на глубину 6-7 м до кровли нижележащих Неверовских глин по специально разработанному регламенту.

С целью минимизации влияния работ на окружающие здания, сооружения метрополитена и коммуникации при одновременном максимальном сокращении продолжительности строительства в чрезвычайно стесненных условиях, в реализуемом проекте использован комбинированный прием полужакрытого способа возведения подземной автостоянки, характеризующийся нижеприводимой последовательностью производства основных процессов.

После открытой разработки котлована 1-го яруса на противоположной от въездных



Рис. 5. Возведение первой половины перекрытия над 2-м этажом безопалубочным способом. Подготовка грунтового основания.

ворот первой половине подземной автостоянки монтируются перекрытие над 2-м этажом (безопалубочным способом на подготовленном грунтовом основании) (рис. 5), затем внутренние несущие конструкции 1-го этажа (стены рампы, лифтовых шахт и лестничных клеток, а также пилоны) и покрытие в данной зоне. Во время бетонирования внутренних конструкций и покрытия опалубка опирается на возведенное безопалубочным способом перекрытие (рис. 6).

Параллельно таким же методом на подготовленном грунтовом основании возводится первая часть второй половины покрытия у въездных ворот на стройплощадку. Зона расположения второй части в этот период служит для доставки на стройплощадку материалов и оборудования.

После набора бетоном первой части второй половины покрытия 40% проектной прочности, она засыпается 53-см слоем песка, по которому сверху укладываются сборные железобетонные дорожные плиты толщиной 17 см, и затем сюда переносится въезд на стройплощадку. Таким образом, в слое песчаной засыпки удастся скрыть и защитить от повреждения арматурные выпуски из монолитного железобетонного покрытия, предусмотренные для его связи

со стенами, колоннами и пилонами перспективного многоэтажного здания над второй половиной покрытия автостоянки, а также обеспечить равномерное распределение нагрузок на него от въезжающих автобетоносмесителей, кранового и землеройного оборудования.

Параллельно с работами по завершению сооружения покрытия на первой половине подземной автостоянки возводится вторая его часть второй половины безопалубочным способом. Затем аналогич-



Рис. 6. Возведение первой половины покрытия. Опалубочные и арматурные работы.

ным образом над ней устраивается рабочий уровень временной строительной площадки с защитой арматурных выпусков.

Далее производится разработка грунта 1-го яруса котлована под защитой второй половины покрытия, над которым размещается временная стройплощадка площадью около 1000 м². Выдача грунта из-под покрытия с непосредственной погрузкой в автосамосвалы осуществляется через специально предусмотренные монтажные проемы грейферным экскаватором. Над первой половиной покрытия начинается сооружение двухэтажной технологической части главного корпуса комплекса (пристроя), до завершения строительства которой невозможна приемка в эксплуатацию главного корпуса.

Вторая половина перекрытия над 2-м этажом также возводится безопалубочным способом на подготовленном грунтовом основании. Затем под ней монтируются внутренние несущие конструкции 1-го этажа.

Поскольку въездные ramпы расположены по торцам подземной автостоянки и используются в качестве крепи ограждения котлована в процессе разработки грунта под ними, сооружение обеих ramп с 1-го по 4-й этажи производится опережающим порядком по отношению к разработке грунта со 2-го по 5-й ярусы. Горизонтальные площадки ramп при этом сооружаются безопалубочным способом на подготовленных грунтовых основаниях.

Перекрытие над 3-м этажом возводится после завершения разработки грунта на 3-м ярусе котлована под защитой покрытия и перекрытия над 2-м этажом. На завершающей стадии экскавации 3-го яруса габарит в свету под перекрытием над 2-м этажом составляет 6,3 м. При бетонировании перекрытия над 3-м этажом инвентарная опалубка опирается посредством деревянных лаг на упрочненное втрамбовыванием щебня грунтовое основание. Следом возводятся внутренние несущие конструкции 2-го этажа.

Разработка грунта на 4-м ярусе котлована производится под защитой покрытия и перекрытий над 2-м и 3-м этажами. На завершающем этапе габарит этого яруса в свету под перекрытием над 3-м этажом составляет 6,15 м. Затем безопалубочным способом на подготовленном грунтовом основании возводится перекрытие над 5-м этажом, а с опиранием инвентарной опалубки на него – внутренние несущие конструкции 4-го этажа и перекрытие над ним. Внутренние несущие конструкции 3-го этажа возводятся с опиранием опалубки на ранее сооруженное перекрытие над 4-м.

Такой порядок производства работ на 3-м и 4-м ярусах, а также особая технология разработки грунта на 5-м, вызваны недостаточным заглублением и армированием траншейных стен на нем, выполненных в натуре под возведение четырехуровневой подземной автостоянки открытым способом.

Экскавация грунта на 5-ом ярусе начинается с разработки центрального ядра вдоль всей автостоянки с сохранением пристенных защитных берм шириной не менее 5 м. Пройденная штольня используется для последующего челночного и непрерывного производства работ по доработке грунтовых берм и возведению фундаментной плиты отдельными захватками шириной около 8 м.

Разработке грунта на 5-м ярусе предшествует опережающий внутрикотлованный открытый водоотлив из семи водосборных колодцев насосами ГНОМ 25-20 производительностью 25 м³/ч.

По мере разработки центрального грунтового ядра вдоль образующейся штольни отрываются неглубокие траншеи, и в них по уклону в сторону центрального монтажного проема укладываются трубчатые дренажи, обернутые геотекстильным фильтром Tyrag SF 27, соединяющие ранее возведенные водосборные колодцы. Временный пластовый дренаж позволяет убрать воду со дна котлована центрального ядра и контролировать водоотлив при последующих земляных, гидроизоляционных и бетонных работах.

Внутренние несущие конструкции 5-го этажа, включая пандусы обеих ramп,

возводятся по мере завершения захваток фундаментной плиты и набора ими 40% прочности. На завершающей стадии строительства подземной автостоянки ликвидируются временные монтажные проемы в перекрытиях и покрытии. Предварительно, после завершения земляных работ, через эти проемы с помощью автокрана извлекается землеройное оборудование.

После завершения сооружения пристройки к главному корпусу над первой половиной покрытия выполняются гидроизоляция и утепление покрытия, обратная засыпка и благоустройство территории, а на второй половине разворачиваются работы по возведению многоэтажного офисного здания.

Устройство монолитных железобетонных конструкций подземной автостоянки осуществляется турецкой фирмой – ЗАО «МЕБЕ».

Земляные работы производятся с помощью следующего оборудования, имеющегося в наличии у российского подрядчика – строительной-промышленной компании «Виктория»:

- экскаватора «Hitachi EX200-5» («обратная лопата») с емкостью ковша 0,8 м³ для открытой разработки на 1-м ярусе;

- малогабаритного экскаватора «Hitachi EX30» с емкостью ковша 0,08 м³ для доработки грунта вдоль траншейных стен и вокруг буровых колонн на 1-м ярусе при открытой разработке;

- двух малогабаритных экскаваторов «Hitachi EX30» для разработки грунта под второй половиной покрытия на 1-м ярусе и под перекрытием над 2-м этажом на 2-м ярусе сплошным забоем, а также под рампами со 2-го по 4-й ярусы;

- двух бульдозеров ДЗ-42В на базе трактора ДТ-75 для транспортировки разработанного грунта на 2-м ярусе в зону монтажных проемов;

- экскаватора «Hitachi EX200-5» с навесным грейферным оборудованием для выдачи грунта из-под перекрытий при экскавации на 2-м и 3-м ярусах котлована и его погрузки непосредственно в автосамосвалы КАМАЗ-65115, МАЗ-5551 или ЗИЛ-4520 для вывоза грунта в отведенный за городской чертой отвал;

- двух бульдозеров ДЗ-42В на базе трактора ДТ-75 для разработки и транспортировки грунта на 3-м и 4-м ярусах в зону монтажных проемов с доработкой грунта вдоль траншейных стен и вокруг буровых колонн двумя малогабаритными экскаваторами «Hitachi EX30»;

- экскаватора «Atlas 1704» с навесным грейферным оборудованием для выдачи породы из-под перекрытий при экскавации на 4-м и 5-м ярусах котлована и погрузки ее непосредственно в автосамосвалы;

- двух малогабаритных экскаваторов «Hitachi EX30» для опережающей разработки центрального грунтового ядра (штольни) под перекрытием над 5-м этажом на 5-м ярусе и последующей доработки пристенных защитных берм;

- двух малогабаритных автопогрузчиков «UNC 061» для транспортировки разработанного грунта на 5-м ярусе в зону монтажных проемов, отсыпки и планировки щебеночной подготовки на каждом из ярусов с последующим уплотнением ее с помощью ручного катка типа BW60S.

Гидроизоляция фундаментной плиты принята из геосинтетиков с учетом особенностей гидрогеологических условий строительства и отсутствия гидроизоляции траншейных стен, выполненных с уплотнением стыков между панелями по технологии французской фирмы «Soletanche Bachy». С этой целью нами специально разработана модифицированная конструкция гидроизоляции из геосинтетиков с внутренним упрощенным страховочным дренажным слоем и секционным уплотнением стыков между фундаментной плитой и траншейными стенами.

Особую сложность представляет гидроизоляция покрытия, заглубленного до 1,4 м и над первой половиной которого размещается здание двухэтажной пристройки к главному корпусу, а над второй - стены и пилоны перспективного многоэтажного офисного здания; к

тому же обе части прорезаны продольным пандусом одной из рамп и множеством вентиляционных проемов. Причем обе половины покрытия, как и весь несущий каркас подземной автостоянки, разделены деформационным швом на две примерно равные части. Именно по этой причине нами была разработана индивидуальная комбинированная конструкция гидроизоляции из геосинтетиков, предусматривающая надежное уплотнение каждого из узлов обрыва гидроизоляции на покрытии, стенах, колоннах и пилонах.