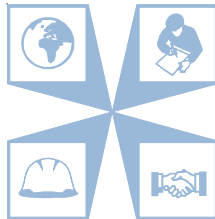


***CONSTRUCTION OF THE OFFICE BUILDING «DUCAT  
PLACE III» WITH THREE-LEVEL UNDERGROUND SPACE  
IN THE GASHEK STREET IN MOSCOW  
(RUSSIAN VERSION PDF)***

***P. Yurkevich, K. Bykov,  
Yurkevich Engineering Bureau Ltd.,  
Moscow, Russian Federation***



# СТРОИТЕЛЬСТВО АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ «ДУКАТ ПЛЕЙС III» С ТРЕХУРОВНЕВЫМ ПОДЗЕМНЫМ ПРОСТРАНСТВОМ НА УЛИЦЕ ГАШЕКА В МОСКВЕ



П.Б. Юркевич, К.Ю. Быков,  
ООО «Инженерное бюро Юркевича»  
Москва, Россия

## ВВЕДЕНИЕ

Возведение 14-этажного административного здания «Дукат Плейс III» осуществляется в Центральном административном округе г. Москвы на месте снесенных строений табачной фабрики «Дукат» по заказу компании «Hines» (США).

Строительство ведется вблизи сохраняемых зданий по улицам Гашека и Большая Садовая.

Новый бизнес-центр, спроектированный командой иностранных и российских архитекторов и инженеров, это 30000 м<sup>2</sup> офисных площадей международного качества класса А<sup>+</sup>, свободных от колонн и потому дающих арендаторам возможности для любых планировок, элегантная отделка, высококачественные инженерные системы, подземные трехуровневая автостоянка и кафе (Рис. 1).



Рис. 1. Общая схема здания с подземным трехуровневым пространством (стадия ТЭО).

Технико-экономическое обоснование разработано британскими компаниями «Skidmore, Owings & Merrill» Inc. и «Ove Arup & Partners International» Ltd. совместно с ООО «Архитектурная мастерская «Группа АБВ».

Для разработки рабочей проектной документации генеральным подрядчиком – фирмой «CODEST International» S.r.l. (Италия) были избраны:

- фирма «Arking» S.r.l. (Италия) – архитектура и инженерные системы для всего здания, строительные конструкции – для надземной части здания;

- ООО «Инженерное бюро Юркевича» (Россия) – строительные конструкции и гидроизоляция подземной части здания, общая организация строительства,

специальные геотехнические работы, проверка несущей способности и армирования конструкций надземной части здания в строительный период по единой с подземной частью трехмерной модели с учетом неравномерности деформаций оснований буровых колонн.

## УСЛОВИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Пятно застройки практически совпадает с границами строительной площадки и составляет 85% ее площади (Рис. 2). В результате свободной территории для размещения



**Рис. 2.** План строительной площадки при параллельном возведении надземных и подземных этажей здания.

проездов, бытового городка, мест для складирования стройматериалов и установки строительного оборудования фактически не осталось. Кроме того, условия строительства осложнены близким расположением существующих зданий, одно из которых – американский «Citibank», нанявший независимый консалтинг в лице британской компании «Waterman International» для экспертизы принимаемых на строительстве нулевого цикла здания «Дукат Плейс III» решений и анализа результатов дополнительного независимого мониторинга за деформациями фундаментов здания банка. Так что требования к принимаемым техническим решениям изначально оказались чрезвычайно жесткими. Чего стоило только одно предписание – при разработке технологии строительства обеспечить предельную величину суммарной осадки фундаментов здания «Citibank» не более 5 мм.

Для снижения влияния нового строительства на окружающие здания и максимального сокращения его продолжительности уже на стадии ТЭО было предусмотрено использование полузакрытого способа строительства нулевого цикла («top & down») с параллельным возведением надземной части.

По результатам проведенных изысканий геологическое строение на участке строительства представлено:

- современными техногенными отложениями мощностью 2-3 м;
- современными аллювиальными песчано-глинистыми отложениями мощностью от 0,2 до 2,5 м;
- верхнечетвертичными аллювиальными отложениями мощностью толщи от 2,2 до 6,7 м, представленными песчаными и гравийно-галечниковыми грунтами;
- отложениями среднечетвертичного мореного суглинка мощностью до 0,3 м;
- глинистыми отложениями юрской системы волжского яруса мощностью от 7,6 до 10,5 м;
- отложениями глины твердой юрской системы оксфордского яруса мощностью толщи от 6,6 до 7,9 м;
- карбонатно-глинистыми отложениями каменноугольной системы перхуровской толщи мощностью от 3,4 до 5,5 м;



- отложениями каменноугольной системы неверовской толщи, мощностью от 2,8 до 3,6 м, представленными глиной и мергелем;

- карбонатно-глинистыми отложениями каменноугольной системы ратмировской толщи.

Гидрогеологические условия строительства характеризуются наличием двух водоносных горизонтов: аллювиального и перхуровского.

Первый от поверхности водоносный горизонт заключен в современных и позднечетвертичных аллювиальных отложениях и верхней алевроитовой пачке волжских отложений юры, и вскрыт на глубине 2-2,5 м. Водоносными породами в четвертичных отложениях являются гравийно-галечниковые грунты, пески и супеси, в юрских волжских отложениях – алевроиты. Нижним водоупором горизонта служит пачка черных плотных глин, кровля которых залегает на глубине 10-12 м. Мощность водоносного горизонта 8,2-9,5 м. Второй от поверхности водоносный горизонт приурочен к трещиноватым доломитам и известнякам перхуровской толщи. Водовмещающие породы интенсивно трещиноватые и кавернозные. Водоносный горизонт в пределах площадки безнапорный. Мощность обводненной части пород изменяется от 0,5 до 3,5 м. Верхним водоупором является толща глин оксфордского яруса. Нижним водоупором служат глины неверовской толщи. Уровень подземных вод находится на глубине 26-29 м.

В декабре 2003 г. нами был разработан детальный проект основных решений (principal design), базирующихся на конструкции и технологии возведения буровых колонн\*, запатентованных ООО «Инженерное бюро Юркевича».

Этот проект был самым тщательным образом рассмотрен заказчиком – компанией «Hines» совместно с его строительным консультантом – фирмой «Ove Arup & Partners International» Ltd., одобрен и принят в качестве базиса для дальнейшей разработки рабочей документации.

### **СТЕНЫ ОГРАЖДЕНИЯ КОТЛОВАНА**

В качестве ограждения котлована использованы монолитные железобетонные траншейные стены толщиной 800 мм, выполняемые по технологии французской фирмы «Soletanche Bachy» без устройства внутренней гидроизоляции и являющиеся одновременно несущими. Такая толщина стен при глубине котлована 10,5 м была принята по настоянию заказчика, несмотря на то, что даже стены толщиной 600 мм соответствовали требованиям французского стандарта DTU14 по водонепроницаемости. Согласно требованиям упомянутого стандарта траншейные стены могут выполняться без внутренней гидроизоляции при средне недельной норме фильтрации не более 2 л на 1 м<sup>2</sup> поверхности в сутки для любого участка стены прямоугольного очертания с соотношением сторон 0,4 м на 2,5 м (технологический шов или точечная протечка). Фильтрации в этом случае устраняются инъектированием непосредственно в зоны протечек полиуретановых смол, а в случае образования влажных пятен на поверхности – акриловых смол после отрывки котлована и стабилизации деформаций стен.

Французский опыт доказал, что строгое соблюдение технологии возведения, а также конструкция стыков между смежными панелями, в значительно большей мере определяют итоговую водонепроницаемость стен, чем собственно высокая марка бетона по водонепроницаемости. На этом объекте использован бетон с маркой по водонепроницаемости W8. Водонепроницаемость стыков между панелями обеспечивается наличием гидроизолирующих лент типа «Waterstop».

Общая площадь траншейных стен при их глубине 17, 18 и 19 м и при размере котлована в плане до 75x110 м составила 6800 м<sup>2</sup>. Глубина траншейных стен назначалась из условия их заглубления в водоупорные юрские глины. На участке, где колонны надземной части здания опирались непосредственно на траншейные стены, их глубину пришлось увеличить до 24 м. В этом случае отметка подошвы стены назначалась из условия ее опирания на перхуровские известняки и доломиты. При этом, учитывая трещиноватость и кавернозность

этих пород, потребовалась их цементация в основании стен. Для этого в каркасы панелей были заложены стальные трубы диаметром 114 мм.

Разработка траншеи осуществлялась под защитой глинистого раствора захватками длиной от 6,5 до 7,8 м грейфером с величиной раскрытия 2,8 м, а вблизи существующих зданий – захватками длиной 2,85-3,0 м (Рис. 3). Качество сопряжения траншейных стен гарантировалось угловыми Г-образными и Z-образными захватками. Качество стыков между панелями обеспечивалось использованием торцевых извлекаемых ограничителей панелей («Stopsol») и опережающей разработкой траншеи до их извлечения.



**Рис. 3.** Разработка траншеи вблизи существующего здания с использованием гидравлического грейферного оборудования.



**Рис. 4.** Установка арматурного каркаса при возведении панели траншейной стены.

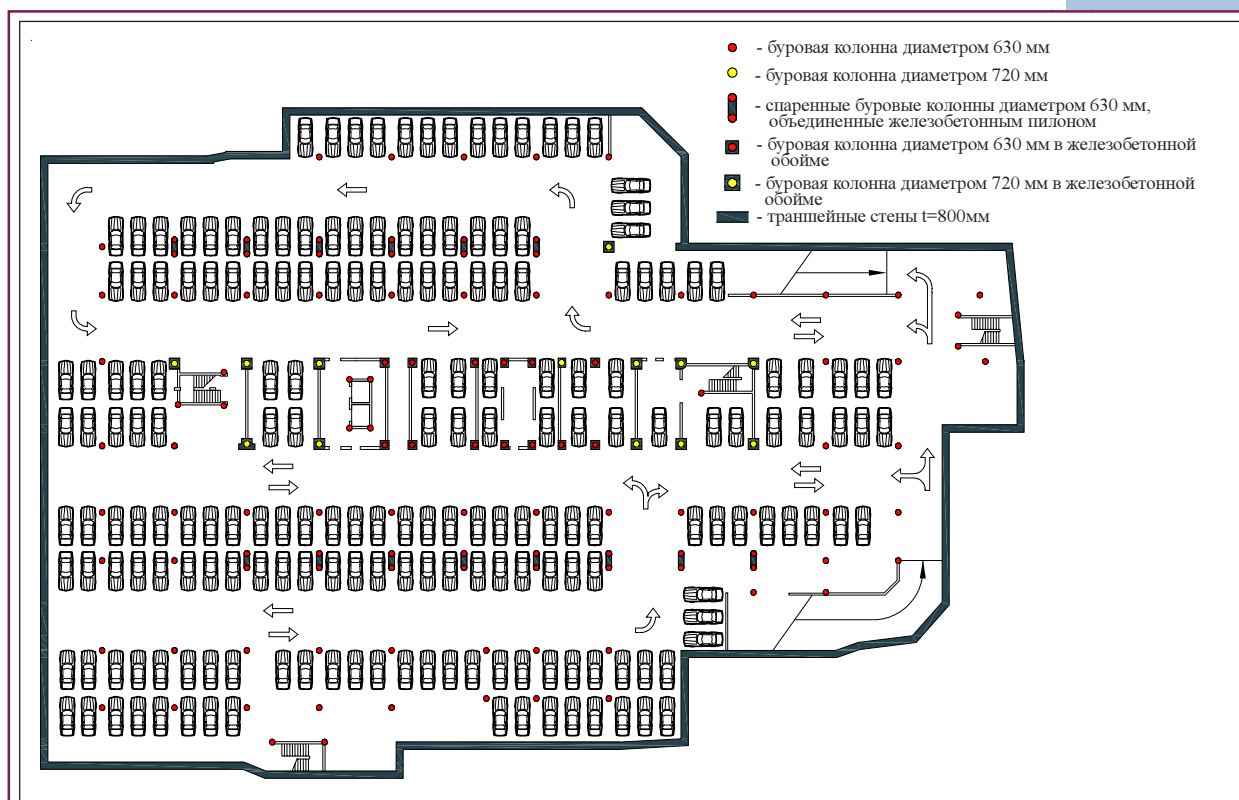
Армирование панелей траншейных стен (Рис. 4) подбиралось по прочности и трещиностойкости в полном соответствии с расчетными стадиями, связанными как с особенностями разработки грунта в котловане, так и последовательности возведения несущих железобетонных конструкций, а также для стадии эксплуатации.

На этапе подготовительных работ возводились монолитные железобетонные форшахты. Усиление фундаментов буроинъекционными микросваями до возведения траншейных стен было выполнено всего лишь для одного – наиболее близко расположенного здания по проекту ООО «СПИИ Гидроспецпроект».

### ***БУРОВЫЕ КОЛОННЫ***

В качестве опорных конструкций, на которые в процессе возведения здания опираются междуэтажные перекрытия, были приняты буровые колонны (Рис. 5).

На строительстве административного здания «Дукат Плейс III» буровые колонны по технологии ООО «Инженерное бюро Юркевича» впервые в практике строительства выполнены диаметром 630 мм, что обеспечило требуемые габариты парковочных мест.



**Рис. 5.** Схема несущих конструкций подземной части здания на плане расстановки автомобилей (стрелками указаны направления и зоны проездов).

Несущая способность такой колонны составляет 673 тонны. Наиболее нагруженные колонны под надземной частью здания приняты диаметром 720 мм с несущей способностью 894 тонны. Несущая способность буровых колонн обоих типов определена без учета работы металлических труб-опалубок.

Особенности конструктивной схемы здания, значительные эксцентриситеты в узлах сопряжения колонн в надземной и подземной частях, а также нагрузки на буровые колонны на стадии эксплуатации, существенно превышающие их предельную несущую способность, потребовали усиления буровых колонн под центральным ядром здания монолитными железобетонными обоймами сечением 1,0x1,0 м. И все это потому, что надземная офисная часть здания задумана архитекторами таким образом, чтобы получить планировки полностью свободные от колонн. В результате основная сетка колонн в надземной части здания принята 12,825x8,100 м, а в подземной 10,050x8,100 м.

Без потери значительного количества парковочных мест выполнить упомянутые обоймы усиления буровых колонн под фасадными колоннами надземной части здания было невозможно. Изменить утвержденную на стадии ТЭО осевую схему расположения колонн уже также было невозможно. Вот почему под фасадными колоннами надземной части здания появились спаренные буровые колонны диаметром 630 мм, объединяемые между собой монолитными железобетонными пилонами, располагаемыми перпендикулярно к проездам между парковочными местами и воспринимающими на стадии эксплуатации нагрузку до 1850 тонн.

Сопряжение железобетонных конструкций с буровыми колоннами выполнено таким образом, что в случае пожара температурное воздействие от нагреваемых металлических труб-опалубок не будет непосредственно передаваться на узлы сопряжения колонн с перекрытиями, арматурные каркасы пилонов, стен лифтовых шахт и лестничных клеток, обеспечивая тем самым огнестойкость несущих конструкций более 2,5 часов.

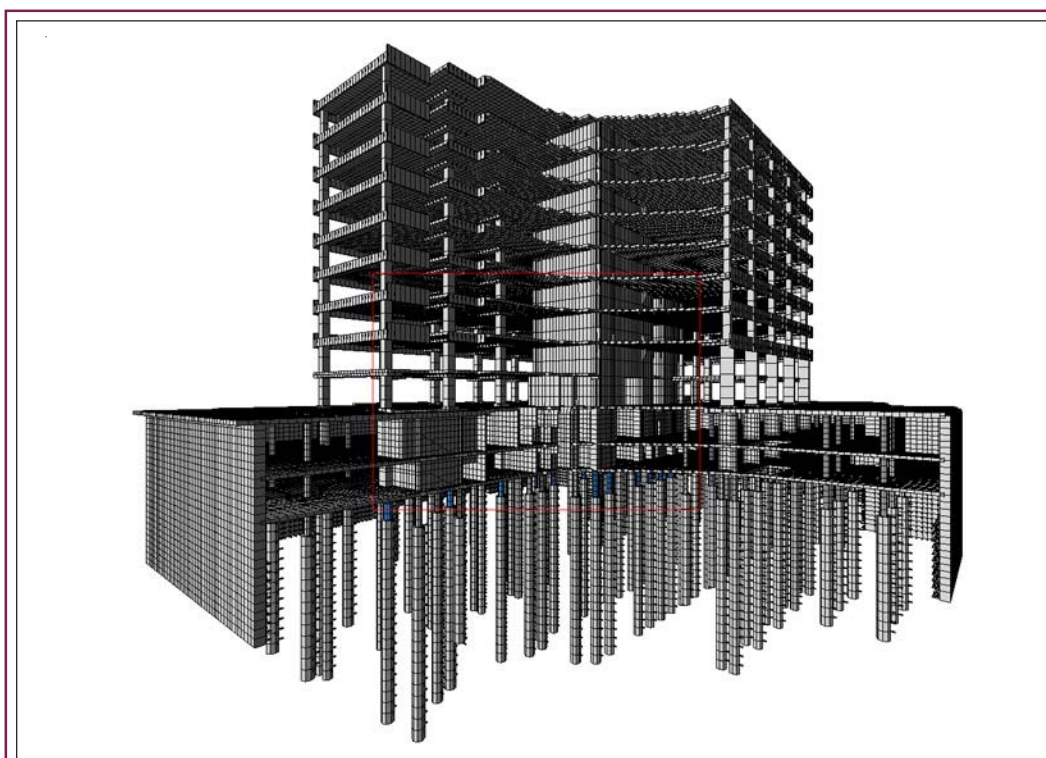
При разработке рабочей проектной документации глубина буровых колонн назначалась исходя из необходимости их опирания на перхуровские известняки и доломиты с заглублением в кровлю толщи не менее 1 м.

Использовались изогипсы кровли перхуровских известняков, приведенные в геологическом отчете, согласно которым прогнозировалось плавное повышение кровли в сторону улицы Гашека от глубины 24 до 21 м. По этой причине 127 буровых колонн были разделены на три группы глубиной 23, 24 и 25 м, под подошвами которых оставалось не менее 3 м известняка.

Выполненные расчеты показали, что при таком заглублении буровых колонн можно возвести семь из четырнадцати надземных этажей здания до возведения фундаментной плиты и завершения экскавации грунта.

В отчете по инженерно-геологическим изысканиям упоминалось, что при бурении одной из скважин на глубине 22 м была выявлена карстовая полость, заполненная глиной. ЗАО «Солетаншстрой», как подрядчик по специальным геотехническим работам, опасаясь потерь бурового раствора при бурении в трещиноватых закарстованных известняках, провел уточняющую геологоразведку участка. Сначала было пробурено 10 дополнительных разведочных скважин, которые выявили различия между фактической глубиной залегания кровли перхуровских известняков и указанной на изогипсах в геологическом отчете. Поэтому было решено пробурить еще 10 дополнительных разведочных скважин. Оказалось, что площадка строительства расположена в зоне существенной эрозии известняка: характер залегания его кровли совершенно иной, величина толщи значительно меньше, местами известняк на глубинах 25-28 м полностью отсутствовал.

С учетом вышеизложенных обстоятельств нам пришлось перепроверить расчетами возможность осуществления принятых решений. Расчеты показали, что фактической толщины слоя перхуровских известняков не достаточно для восприятия на стадии строи-



**Рис. 6.** Расчетная 3D-модель несущих конструкций здания на стадии завершения экскавации грунта в котловане (девять надземных этажей возведены раньше фундаментной плиты).

тельства нагрузок от трех подземных и семи надземных этажей до завершения экскавации котлована и возведения фундаментной плиты. Перед заказчиком встал серьезный вопрос: уменьшить количество возводимых до завершения экскавации этажей, либо пойти на увеличение глубины заложения буровых колонн под надземной частью здания с опиранием их уже на нижележащие ратмирские доломиты и известняки.

Взвесив все аргументы за и против, заказчик пришел к выводу о целесообразности увеличения глубины заложения буровых колонн под надземной частью здания до 31,5 м. Окончательные расчеты подтвердили правильность принятого решения. Девять из четырнадцати надземных этажей появятся раньше, чем будет завершена разработка грунта на последнем ярусе и забетонирована фундаментная плита (Рис. 6).

На этом объекте впервые в отечественной практике французские и российские специалисты из ЗАО «Солетаншстрой», «Soletanche Bachy», «Rincent ВТР Services» и ЗАО «Специнжстрой» работали по новой российской технологии, адаптируя ее к конкретным условиям строительства и внося в нее вместе с нами элементы усовершенствования.

Буровые колонны диаметром 630/1200 мм и 720/1300 мм возводились в следующей технологической последовательности.

Ввиду близкого расположения уровня грунтовых вод по отношению к поверхности (2,7 м) и связанных с этим опасений по обрушению стенок скважин в водонасыщенных мелких песках в процессе бурения было принято решение об использовании металлических инвентарных патрубков. Установка каждого патрубка производилась вибропогружателем через отверстие в инвентарной железобетонной форшахте на глубину около 8 м, что обеспечивало его заглубление в кровлю глинистых алевролитов (Рис. 7).

Бурение скважин на проектную глубину осуществлялось ковшевым буром под защитой раствора на основе полимера. Такой раствор, по сравнению с традиционным бентонитовым,



**Рис. 7.** Установка инвентарного патрубка вибропогружением через отверстие в форшахте.



**Рис. 8.** Монтаж в скважину арматурного каркаса буровой колонны стандартной длины.

не теряет своих свойств при контакте с карбонатными породами (в данном случае таковыми являлись перхуровские известняки). Кроме того, в таком растворе буровой шлам не находится во взвешенном состоянии, а осаждается на дно скважины. При сравнительно «густом» армировании буровой колонны это обстоятельство позволило обеспечить высокое качество бетона при бетонировании методом ВПТ.

В пробуренной до проектной отметки скважине при помощи, опущенного через бетонолитную трубу на дно, шламового насоса производили очистку забоя и замену загрязненного раствора на свежеприготовленный. На дно скважины подсыпали щебень с уплотнением его при помощи ковшевого бура. Затем в скважину опускали каркас буровой колонны, состоящий из верхней, заключенной в стальную трубу-опалубку, и нижней частей (Рис. 8).

В зависимости от глубины заложения буровых колонн и конструкции их арматурных каркасов использовались две основные схемы центрирования колонн в скважинах. Арматурные каркасы стандартных длин, спроектированные на основе данных предварительного геологического отчета и сохранившие свои длину и конструкцию после уточняющих геологических изысканий, центрировались исключительно в уровне форшахты. Для буровых колонн, глубина заложения которых была увеличена под надземной частью здания, и бетонирование которых велось при



**Рис. 9.** Монтаж извлекаемых гидродомкратов на трубе-опалубке арматурного каркаса буровой колонны увеличенной глубины заложения.

вывешенном состоянии арматурных каркасов на форшахтах, центрирование производилось в двух уровнях – в уровне форшахт и на расстоянии 7 м от их верха с помощью навесных



**Рис. 10.** Центрирование арматурного каркаса колонны буровой колонны стандартной длины.

глубинных извлекаемых гидравлических домкратов (Рис. 9).

Центрирование арматурных каркасов в уровне форшахт в плане с точностью  $\pm 5$  мм производилось при помощи гидродомкратов и специальных закрепленных на инвентарном патрубке центрирующих приспособлений (Рис. 10). Вертикальность обеспечивалась собственной силой тяжести. Предварительный контроль вертикальности осуществлялся при помощи специального поплавка, закрепленного в геометрическом центре низа трубы-опалубки. Точный контроль вертикальности (допускаемое откло-



**Рис. 11.** Инклинометрический контроль вертикальности установки арматурного каркаса буровой колонны через закладную трубу.



**Рис. 12.** Ультразвуковой контроль качества бетонирования буровой колонны.

нение от вертикали не более 1:500) проводился с помощью инклинометра (Рис. 11), после чего каркас окончательно закреплялся приваркой к инвентарному патрубку, и производилось бетонирование колонны методом ВПТ. Зазор между верхней частью колонны и стенками скважины засыпался щебнем. После набора бетоном колонны прочности инвентарный патрубок извлекался для последующего использования.

По истечении семи суток каждая буровая колонна подвергалась ультразвуковому контролю качества бетона, который производился через две заложённые в каркасе колонны трубы (Рис. 12).

После этого с применением струйной геотехнологии («jet-grouting») осуществлялась промывка и цементация трещиноватых и кавернозных известняков в основании буровой колонны, с последующей опрессовочной цементацией под давлением до 1 МПа.

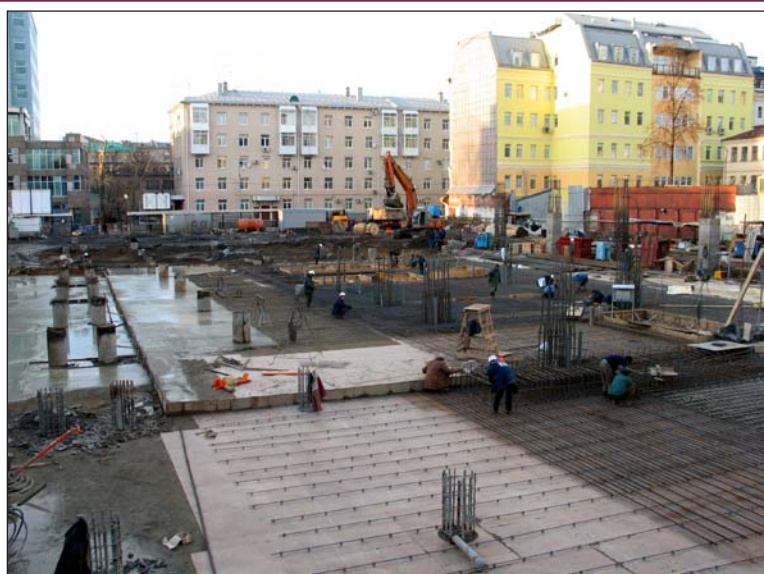
### **ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Специальные геотехнические работы, включавшие возведение траншейных стен и буровых колонн, а также усиление фундаментов одного из зданий, выполнялись с единого уровня заранее подготовленной рабочей платформы и после планировочной срезки.

С целью оптимизации общей продолжительности строительства специальные геотехнические работы осуществлялись последовательно в зонах 1, 2 и 3. Причем эти работы в зонах 2 и 3 совмещались с началом возведения перекрытия на отм. 0,000 м безопалубочным способом на подготовленном грунтовом основании в зоне 1.

Возводить безопалубочным способом полностью все перекрытие на отм. 0,000 м (Рис. 13) пришлось по двум основным причинам:

- из-за жестких требований заказчика по ограничению влияния строительства на окружающие сохраняемые здания открытая экскавация грунта, кроме как под центральным ядром строящегося здания, изначально исключалась;
- поскольку застраиваемая территория вплотную примыкает к существующим зданиям, а вывоз грунта и доставка строительных материалов возможна только со стороны улицы Гашека, иного выхода, как организовать временную строительную площадку на перекрытии на отм. 0,000 м за пределами возводимой надземной части здания не оставалось.



**Рис. 13.** Возведение перекрытия на отм. 0,000 м безопасным способом на подготовленном грунтовом основании.

Открытая экскавация выполнялась только для удаления остатков фундаментов снесенных старых строений табачной фабрики «Дукат», замещения песком и щебнем раскисшего по весне глинистого грунта при выполнении рабочей платформы, а также срезы грунта для возведения перекрытия на отм. 0,000 м безопасным способом. Использовались экскаватор «Hitachi EX200-5» («обратная лопата»), малогабаритные экскаваторы и бульдозер.

Экскавация грунта под защитой перекрытий выполняется с помощью малогабаритных экскаваторов, а также бульдозеров,

сплошным забоем и с транспортировкой грунта в зону трех временных монтажных проемов, расположенных за пределами строящейся надземной части здания. Выдача грунта из-под перекрытий для погрузки в автосамосвалы (без промежуточного складирования) принята с помощью экскаваторов «Atlas 1704» с грейферным оборудованием через временные монтажные проемы.

Доставка бетонной смеси на стройплощадку производится автобетоносмесителями (Рис. 14). Укладка бетонной смеси при возведении перекрытия на отм. 0,000 м, монолитных железобетонных конструкций подземной части здания и первых трех надземных этажей принята с помощью автобетононасоса «Schwing». Дальнейшее возведение монолитных железобетонных конструкций надземной части здания выполняется бадьями с помощью двух башенных кранов.

Перекрытия, возводимые в подземной части здания безопасным способом на подготовленных грунтовых основаниях, выполняются по мере завершения экскавации захваток необходимой величины и в первую очередь непосредственно под надземной частью здания (в зоне foot print).

Подготовка грунтовых оснований заключается во втрамбовывании в грунт щебня известняка, а также виброуплотнении собственно щебеночной подготовки (общей толщиной слоя до 15 см) с последующей укладкой сверху выравнивающей цементно-песчаной стяжки из раствора М200 слоем около 5 см.



**Рис. 14.** Доставка бетонной смеси на строительную площадку автобетоносмесителями с заездом на перекрытие на отм. 0,000 м после завершения экскавации грунта под ним на уровне В1.

В случае, если грунтовым основанием служат осушенные пески, во втрамбовывании щебня нет необходимости и цементно-песчаная стяжка укладывается непосредственно на виброуплотненное песчаное основание.

Для исключения адгезии при бетонировании перекрытий, поверху цементно-песчаной стяжки проектом организации строительства предусмотрена укладка полиэтиленовой пленки толщиной 0,4-0,5 мм. Однако генеральный подрядчик вместо полиэтиленовой пленки решил использовать тонкую невлагостойкую фанеру, замена на которую совершенно себя не оправдала.

По мере возведения перекрытий подземных этажей по схеме «сверху-вниз» возводятся также стены лестничных клеток и лифтовых шахт, противопожарные стены, пилоны, монолитные железобетонные обоймы усиления наиболее нагруженных буровых колонн, а также стены и пандусы въездных рамп.

Для достижения качества возведения внутренних несущих монолитных железобетонных конструкций уровней В1-В3, бетонируемых через отверстия в вышележащих перекрытиях, использована специальная бетонная смесь марки по подвижности П4, приготавливаемая на гравии твердых пород фракции 3-10 мм. Такая бетонная смесь за счет окатанности мелкого гравия и использования суперпластификатора обладает подвижностью, недостижимой при использовании даже мелкого щебня. И, тем не менее, виброуплотнение этой бетонной смеси по требованию авторов проекта все равно выполнялось. В результате удалось достичь достаточно высокого качества бетонирования и исключить образование щелей на сопряжении верха внутренних несущих конструкций с вышележащими, ранее забетонированными, перекрытиями.

В процессе экскавации котлована предусмотрен открытый внутрикотлованный водоотлив из переносных временных дренажных колодцев шламовыми насосами типа «ГНОМ» для перекачивания воды сразу в ливневую канализацию и опережающего понижения уровня грунтовых вод внутри котлована до разработки каждого из ярусов.

К началу экскавации грунта на уровне В1 (первом подземном этаже) или под защитой перекрытия на отм. 0,000 м практически было возведено два надземных этажа, а к моменту завершения – четыре надземных этажа (Рис. 15, 16). Причем для завершения четвертого надземного этажа обязательно требовалось предварительно возвести участок перекрытия на отм. -4,700 м (Рис. 17) и внутренние несущие конструкции на уровне В1, включая диафрагмы жесткости, стены лестничных клеток и лифтовых шахт, обоймы усиления буровых колонн и пилоны между спаренными буровыми колоннами, под надземной частью здания



**Рис. 15.** Завершение экскавации грунта на уровне В1 под защитой перекрытия на отм. 0,000 м.



**Рис. 16.** Вид на строящееся способом «top & down» здание «Дукат Плейс III» из коридора здания «Дукат Плейс II».

(foot print). Такое требование обуславливалось недостаточной жесткостью перекрытия на отм. 0,000 м под надземной частью здания (всего 320 мм) и значительными эксцентриситетами (от 125 до 300 мм) в узлах сопряжения колонн надземной и подземной частей здания.

Расчетным путем было доказано, что после возведения упомянутых несущих конструкций уровня В1 без возведения конструкций уровней В2 (второй подземный этаж) и В3 (третий подземный этаж, включая фундаментную плиту) технически возможно возвести до 9 этажей из 14 в надземной части здания.

Возвести оставшиеся этажи в надземной части здания до завершения фундаментной плиты и всех несущих конструкций уровня В3 непосредственно под надземной частью здания (foot print) оказалось невозможно. На стадии завершения экскавации грунта на уровне В3 и при возведении 9 надземных этажей усилия в буровых колоннах диаметром 630 мм оказались близкими к их расчетной несущей способности и для продолжения строительства надземных этажей требовали предварительного усиления монолитными железобетонными обоймами.

Вот почему генеральному подрядчику было рекомендовано интенсифицировать возведение подземной части здания и в первую очередь непосредственно под надземной частью (foot print).

В этом случае начало экскавации грунта на уровне В2 совпало с завершением возведения перекрытия на отм. -4,700 м за пределами надземной части здания (outside foot print) и началом возведения пятого надземного этажа (Рис. 18).

По аналогии с уровнем В1 экскавация грунта на уровне В2 производится параллельно с возведением участка перекрытия на отм. -7,920 м и внутренних несущих конструкций второго подземного этажа непосредственно под надземной частью здания (foot print).

Начало экскавации грунта на последнем уровне В3 принято одновременным с завершением возведения перекрытия на отм. -7,920 м за пределами надземной части здания (outside foot print) и началом возведения восьмого надземного этажа.

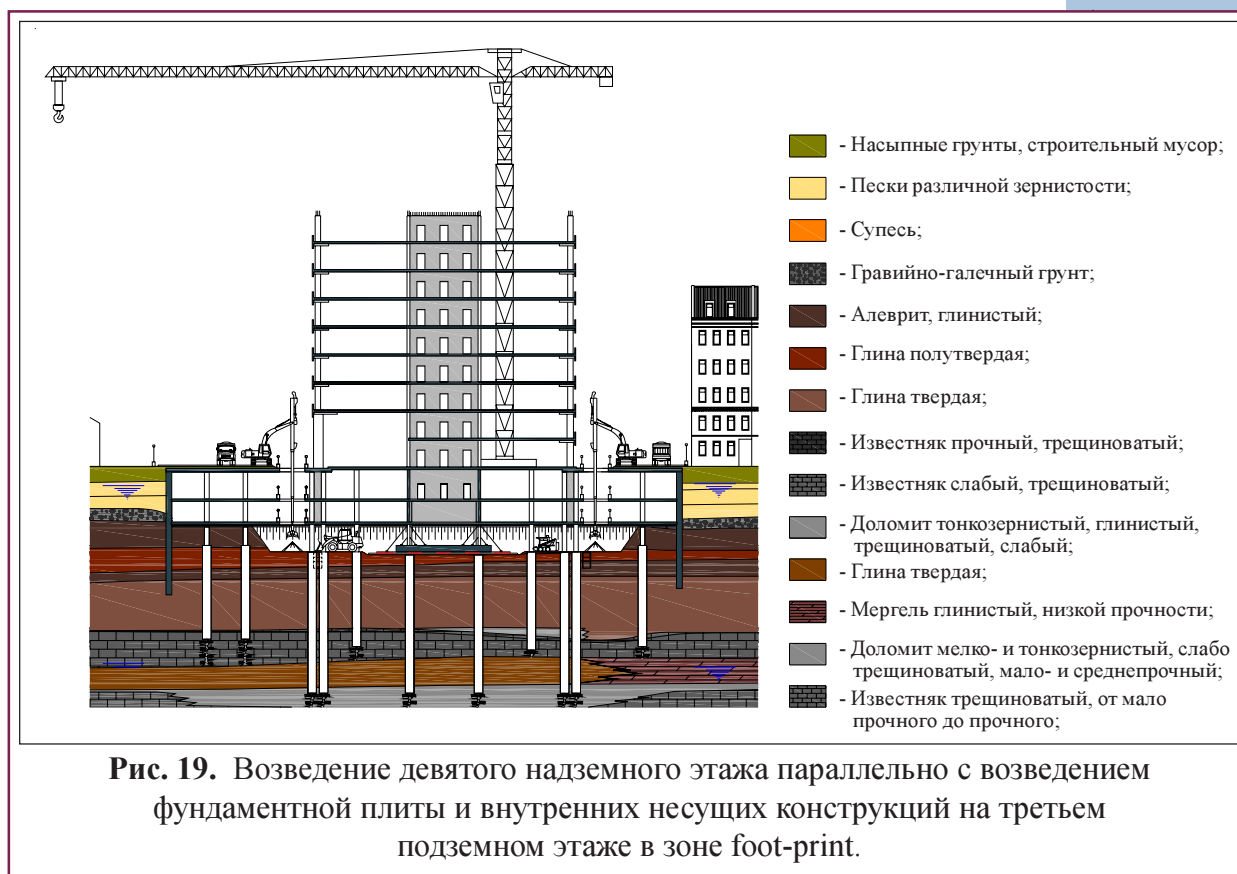
Возведение девятого надземного этажа совмещено по времени с возведением фундаментной плиты и внутренних несущих конструкций на третьем подземном этаже в зоне foot print (Рис. 19), а также полным завершением экскавации грунта в котловане.



**Рис. 17.** Возведение перекрытия на отм. -4,700 м безопалубочным методом.



**Рис. 18.** Начало экскавации грунта на уровне В2 под защитой перекрытия на отм. -4,700 м.



**Рис. 19.** Возведение девятого надземного этажа параллельно с возведением фундаментной плиты и внутренних несущих конструкций на третьем подземном этаже в зоне foot-print.

Начало сооружения десятого надземного этажа совмещено по времени с завершением возведения фундаментной плиты под надземной частью здания, а тринадцатого надземного этажа – с полным завершением возведения фундаментной плиты и началом ликвидации временных монтажных проемов в перекрытиях.

Сооружение всех несущих конструкций в надземной и подземной частях здания намечено завершить практически одновременно.

И все же, оптимальной принятую последовательность производства работ рассматривать нельзя. К сожалению, из-за навязанной нам еще на стадии ТЭО осевой схемы расположения несущих конструкций не удалось повысить несущую способность буровых колонн путем увеличения диаметра используемых труб-опалубок, поскольку в таком случае нарушались требуемые габариты парковочных мест.

Чудо произойти не могло и мечту заказчика – компании «Hines» получить идеально гибкую технологию строительства, не накладывающую никаких ограничений по строительству надземных этажей по отношению к подземным этажам, и потому максимально экономически выгодную, реализовать на строительстве административного здания «Дукат Плейс III» не удалось.

Если бы наше бюро было бы привлечено к проектированию еще на стадии разработки ТЭО, то задача реализации всех преимуществ полужакрытого способа строительства («top & down») была бы решена успешно, а это миллионы долларов США, сэкономленные на обслуживании кредитов за счет существенного дополнительного сокращения общей продолжительности строительства.

### **КОНСТРУКЦИЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ И ДРЕНАЖА**

С учетом предусмотренной специальной технологии возведения траншейных стен с гидроизолирующими лентами типа «Waterstop» в стыках, а также заглублением стен в слой водоупорных глин, гидроизоляция нулевого цикла принята только по перекрытию на отм.

0,000 м за пределами надземной части здания.

Поскольку гидроизоляция траншейных стен не предусматривается, в случае фильтрации воды через стыки между панелями траншейных стен предварительно должна быть выполнена чеканка стыков безусадочным цементом или напрягающимися цементами с малой энергией расширения. Фильтрация воды через тело бетона панелей должна быть устранена инъектированием полиуретановых или акриловых смол.

На случай, если после завершения экскавации котлована упомянутыми мерами устранить локальную фильтрацию воды через траншейные стены не удастся, проектом предусмотрено устройство скрытого дренажа с отводом фильтрующих вод в водосборные приемки внутренней системы пожаротушения нулевого цикла. Скрытый дренаж в этом случае будет выполняться из полиэтиленового полотна «Delta-MS» толщиной 10 мм и защищаться стенами из красного кирпича толщиной 120 мм.

Под фундаментной плитой предусматривается устройство постоянного дренажа, включающего:

- щебеночную подготовку из гранитного щебня толщиной 150 мм;
- подкладочный слой геотекстиля плотностью 250 г/м<sup>2</sup>, являющийся внешним фильтром;
- подготовку из бетона класса В25, W6, F100 с уклоном не менее 0,3% в сторону водосборных приемков толщиной до 120 мм;
- дренажный слой полиэтиленового полотна «Delta-MS» толщиной 20 мм;
- защитный слой бетона класса В25, W6, F100, армированный стальными сварными сетками, толщиной не менее 50 мм.

В случае фильтрации воды через дефекты траншейных стен ниже фундаментной плиты и подпитки грунтовых вод в основании нулевого цикла, снятие гидростатического давления предусмотрено путем сброса фильтрующих вод по дренажному слою в водосборные приемки с их последующей перекачкой в ливневую канализацию.

Поскольку перекрытие на отм. 0,000 м за пределами надземной части здания является фактически покрытием нулевого цикла, конструкция его гидроизоляции имеет ряд особенностей, вызванных:

- устройством проездов по покрытию автомобилей и пожарных машин;
- связью несущих конструкций покрытия и надземной части здания;
- наличием двух пандусов рампы;
- благоустройством территории над покрытием, требующим обязательного его утепления от промерзания.

Для обеспечения высоких эксплуатационных свойств, надежности и долговечности гидроизоляции перекрытия на отм. 0,000 м в упомянутых условиях предусматривается использование специальной ее конструкции.

Конструкция гидроизоляции этого перекрытия базируется на применении геомембраны из высокоэластичного полиэтилена (GSE «VFPE»), места обрыва которой по торцам перекрытия на отм. 0,000 м, герметизируются приваркой к специально предусмотренным закладным уплотнительным GSE «PolyLock» полиэтиленовым лентам. Дополнительно узлы сопряжения перекрытия на отм. 0,000 м с траншейными стенами уплотняются гидроизолирующими прокладками «Waterstop-RX 101» Volclay.

\* – Патент РФ на изобретение № 2229557 с приоритетом от 02.06.2003 г., Патент РФ на полезную модель № 34952 с приоритетом от 31.07.2003 г., Евразийский Патент на изобретение № 005441 с приоритетом от 02.06.2003 г. В настоящее время завершается патентование по процедуре PCT в странах Европы, а также патентование в США.



### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Юркевич П. Совершенствование полужакрытого способа строительства подземных сооружений, или «hi-tech» по-русски // Подземное пространство мира. 2003. № 5.-С.11-27.
2. Юркевич П. Буровые колонны - новая реальность // Подземное пространство мира. 2001. № 4.-С.12-21.
3. Юркевич П. Возведение монолитных железобетонных перекрытий при полужакрытом способе строительства подземных сооружений // Подземное пространство мира. 2002. № 1.- С.13-22.