

***EXECUTION OF IN-SITU REINFORCED CONCRETE FLOOR-SLABS AT TOP-DOWN METHOD OF UNDERGROUND STRUCTURES CONSTRUCTION  
(RUSSIAN VERSION PDF)***

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



# **ВОЗВЕДЕНИЕ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ПРИ ПОЛУЗАКРЫТОМ СПОСОБЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

**П. Юркевич,**

**ООО «Инженерное бюро Юркевича»**

**Москва, Россия**



## **ВВЕДЕНИЕ**

Известно, что при полузакрытом способе подземного строительства могут быть использованы три основных технологических приема, определяющих порядок возведения монолитных железобетонных перекрытий по схеме «top-down» (сверху-вниз) и поярусной разработки грунта под их защитой.

Первый прием базируется на опережающем возведении перекрытий по отношению к паярусной разработке грунта в котловане, причем бетонирование перекрытий осуществляется безопалубочным методом непосредственно на грунтовых подготовленных основаниях.

Второй прием предполагает опережающую паярусную разработку грунта и последующее возведение перекрытий с помощью инвентарной опалубки, опирающейся на грунтовые подготовленные основания.

Третий прием – комбинированный, сочетающий элементы двух предыдущих приемов и предназначенный для решения частных проблем разработки грунта под перекрытиями.

В отдельных случаях используется также сочетание полузакрытого способа строительства с открытым. При этом по периметру стен ограждения котлована безопалубочным методом или с помощью инвентарной опалубки по схеме «сверху-вниз» возводятся монолитные железобетонные перекрытия с обширными проемами в центральной части будущего подземного сооружения, грунт в пределах которых разрабатывается паярусно самым простым – открытым способом.

Безусловно, технология возведения монолитных железобетонных перекрытий в вышеупомянутых случаях неразрывно связана с технологией разработки грунта в котловане, геологическими и гидрогеологическими условиями строительства, а также теми ограничениями по деформациям окружающего грунтового массива, которые накладываются принятой системой безопасности для сохранения близлежащих существующих зданий.

Именно основным приемам и особенностям возведения монолитных железобетонных перекрытий при полузакрытом способе подземного строительства и связанными с ними проблемами посвящена эта статья.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ НЕПОСРЕДСТВЕННО НА ПОДГОТОВЛЕННЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЯХ**

Применение этой технологии разумно при возведении подземных сооружений в неустойчивых необводненных или хорошо дренирующих обводненных грунтах, в которых возможно выполнить опережающее строительное водопонижение и где разработка грунта под перекрытиями не представляет особых проблем.

Подобные ограничения в первую очередь связаны со сложностью паярусной разработки

неустойчивых и плохо дренирующих обводненных грунтов под перекрытиями методом уступа, поскольку под воздействием направленного фильтрационного потока оплываются откосы опережающего ядра под монтажным проемом, разжижается его грунтовое основание и землеройная техника, в буквальном смысле слова, тонет.

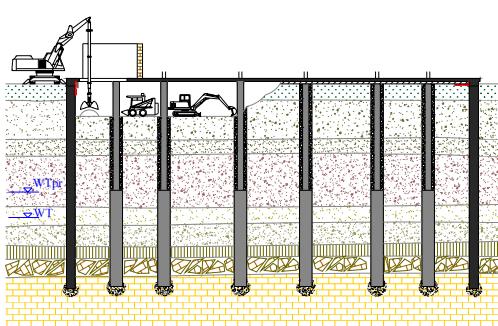
Учитывая отсутствие грунтовых вод и наличие мощной толщи песков разной крупности в пределах отрываемого котлована при строительстве в стесненных условиях фондохранилища музея А.С. Пушкина, данная технология первоначально была предусмотрена [1].

После выполнения ограждения котлована из буросекущихся свай и промежуточных буровых колонн три перекрытия нулевого цикла фондохранилища намечалось возвести безопалубочным методом на подготовленных грунтовых основаниях по схеме «сверху-вниз» (рис. 1) и под их защитой открыть котлован глубиной 11 м.

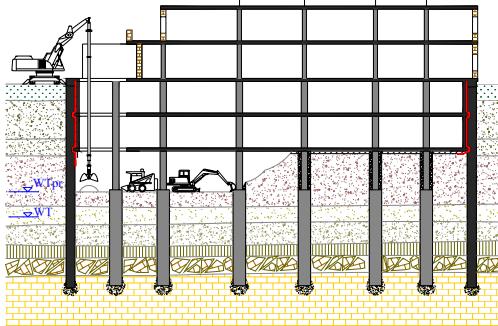
Подготовка грунтовых оснований здесь заключалась в выравнивании промежуточного дна котлована песчаной уплотняемой подсыпкой, поверху которой необходимо было уложить неармированный слой из цементно-песчаного раствора или низкомарочного бетона толщиной 80-100 мм. Качество лицевой поверхности такой подготовки планировалось достичь укладкой цементно-песчаного раствора или низкомарочной бетонной смеси виброрейками по забитым в грунт и выверенным геодезическими методами маячкам.

С целью исключения адгезии с бетоном перекрытий поверхность завершенной подготовки предполагалось застелить полиэтиленовой пленкой, закрепляемой кнопками к деревянным закладным брускам.

Разработка грунта в котловане под защитой перекрытий могла производиться малогабаритными экскаваторами и обычными бульдозерами методом уступа из опережающего ядра (стартового котлована) под монтажным проемом (рис. 2), а выдача грунта и легко разрушающегося материала подготовки на поверхность – с помощью грейферного экскаватора через упомянутый проем.



**Рис. 1.** Полузакрытый способ строительства фондохранилища музея А.С. Пушкина в Москве (нереализованный вариант проекта). Разработка грунта на 1-м ярусе котлована под защитой перекрытия над -1-м этажом, возведенного безопалубочным методом.



**Рис. 2.** Полузакрытый способ строительства фондохранилища музея А.С. Пушкина в Москве (нереализованный вариант проекта). Разработка грунта на 3-м ярусе котлована под защитой перекрытий над -(1-м – 3-м) этажами, возведенных безопалубочным методом.

Бесспорно, рассматриваемая технология возведения перекрытий проста и удобна, разработка грунта под их защитой оказывает минимальное воздействие на окружающие здания и сооружения, однако сам процесс такой экскавации значительно менее производителен и неизбежно приводит к увеличению продолжительности строительства.

Когда строительство фондохранилища музея А.С. Пушкина возобновилось после 10-месячного периода «замораживания» и до 200-летнего юбилея со дня рождения великого поэта оставалось не более 1,5 лет, фактор максимального сокращения продолжительности строительства стал ключевым. В результате к реализации было принято совсем другое реше-

ние, учитывавшее пространственный характер совместной работы стен ограждения котлована, буровых колонн и всего лишь одного перекрытия в уровне земли в процессе полной разработки котлована [2].

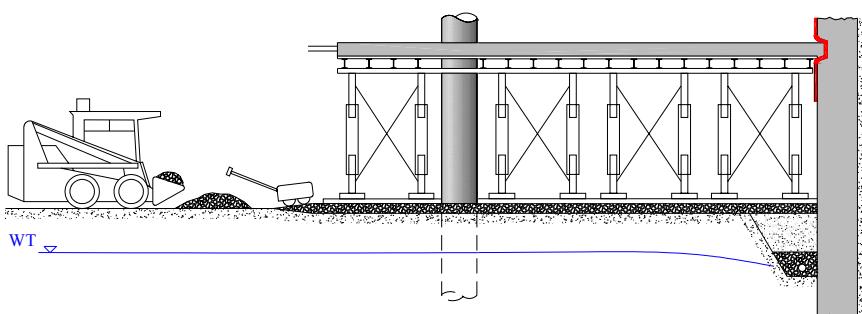
По тем же причинам при подземном строительстве вблизи существующих зданий, фундаменты которых достаточно заглублены, предпочтение отдается сочетанию полу-закрытого способа строительства с открытым. В таком случае открытая разработка котлована используется только на первом (верхнем) ярусе, а на всех последующих ярусах – под защитой перекрытий.

### **ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С ОПИРАНИЕМ ИНВЕНТАРНОЙ ОПАЛУБКИ НА ПОДГОТОВЛЕННЫЕ ГРУНТОВЫЕ ОСНОВАНИЯ**

Технология возведения монолитных железобетонных перекрытий с опиранием инвентарной опалубки на подготовленные грунтовые основания применима при опережающей поярусной разработке грунта и позволяет существенно снизить трудоемкость, продолжительность процесса и стоимость экскавации котлована в самых разных геологических условиях.

Именно этой технологией возведения перекрытий было отдано предпочтение на строительстве Многофункционального комплекса «Царев сад» на Софийской набережной в Москве [3, 4].

Здесь впервые в России по нашему проекту ОАО «ФСК «КЕЙСТОУН» возводит монолитные железобетонные перекрытия трех подземных этажей из четырех с опиранием инвентарной опалубки на неустойчивые обводненные грунты, осушаемые пластовым дренажем и упрочняемые втрамбовыванием наиболее дешевого в Москве щебня известняка (рис.3). В качестве подготовливаемых грунтовых оснований служат пластичные и мягкопластичные супеси, суглинки и глины с прослойками водонасыщенного песка, а также обводненные глинистые пески различной крупности, включая пылеватые.



**Рис. 3.** Принципиальная схема возведения монолитного железобетонного перекрытия с опиранием инвентарной опалубки на неустойчивые обводненные грунты, осушаемые пластовым дренажем и упрочняемые втрамбовыванием щебня.

По мере завершения подготовки грунтового основания и с опиранием на него на каждом из ярусов котлована устанавливается инвентарная опалубка с фанерным настилом на деревянных лежнях. Размер лежней определен из расчета передачи на грунтовое основание не более 60% от давления, используемого при уплотнении подготовки. Лежни укладываются на поверхность втрамбованного в грунт слоя щебня после уплотнения под ними песчаной выравнивающей местной подсыпки.

Работы производятся при избыточном водопритоке через стыки между панелями траншейных стен от 20 до 40 м<sup>3</sup>/ч на 1000 м<sup>2</sup> площади дна котлована. Именно поэтому в процессе

возведения перекрытий постоянно контролируется уровень воды в дренажных колодцах и производится водоотлив из них таким образом, чтобы поддерживать его на 1-1,5 м ниже уровня верха щебеночной подготовки. Для этого дренажные колодцы оборудуются водомерными рейками. Интенсивного, неконтролируемого водоотлива, как и резкого подъема уровня воды в дренажных колодцах необходимо избегать, чтобы предотвращать деформации опалубки и свежезабетонированных захваток перекрытий.

После снятия опалубки габарит под перекрытием над -1-м этажом достаточен, чтобы с помощью бульдозеров и малогабаритных экскаваторов, опущенных под него через монтажные проемы, началась разработка грунта второго яруса.

Возвведение следующих двух перекрытий подземных частей строений производится по схеме «сверху-вниз» аналогичным образом с соблюдением упомянутого минимального габарита в 3,15 м под ними и соответствующей подготовкой грунтового основания перед установкой опалубки.

Подобная технология бетонирования перекрытий на строительстве нулевого цикла Строения 1 показала превосходные результаты. При величине строительного подъема опалубки до 8 мм общая осадка, выбиравшая его, не превышала 10 мм возле колонн и 15 мм в пролете при типовом шаге колонн 7,5x6,6 м.

Таким образом, по отношению к проектному положению перекрытия его осадка не превышала 7 мм, что не всегда достижимо при использовании традиционной технологии возведения перекрытий по схеме «снизу-вверх» с опиранием опалубки каждого последующего возводимого перекрытия на предыдущее, подпретое инвентарными стойками.

Справедливо ради заметить, что на начальном этапе реализации нашего проекта пришлось немало побороться с персоналом подрядчика по земляным работам за соблюдение элементарных проектных требований и постоянное поддержание культуры производства работ, без чего невозможно было бы добиться успешного результата.

Порой очень трудно было объяснить рабочим и даже инженерам, почему мы категорически против массированной разработки грунта под перекрытиями малогабаритным экскаватором «Hitachi» EX60, когда им «так удобно и быстро брать грунт». Не сразу пришло также понимание, почему мы запрещаем переборы грунта по отношению к проектным уровням и требуем не допускать образования луж воды на поверхности дна разрабатываемого котлована.

К счастью, все эти проблемы достаточно быстро были преодолены, и последующие работы по возведению перекрытий на подготовленных грунтовых основаниях больше не вызывали проблем. Лишь однажды при несоблюдении технологии подготовки грунтового основания на участке площадью около 40 м<sup>2</sup> при бетонировании произошла осадка опалубки от 1 до 6 см. В этом месте был допущен перебор грунта и в образовавшейся ложбине скопилась вода. При дальнейшей бульдозерной разработке грунта основание здесь было «разбито», затем засыпано сверху щебнем без устройства дополнительного трубчатого дренажа и выдержано его для осушения в течение нескольких дней. Полученный негативный результат послужил хорошим уроком и окончательно убедил подрядчика в необходимости строго соблюдения технологии и аккуратности производства земляных работ.

В процессе возведения Строения 1 «Царева сада» был накоплен опыт, достойный того, чтобы им поделиться. Поскольку качество возведения монолитных железобетонных перекрытий с опиранием инвентарной опалубки на подготовленные грунтовые основания в первую очередь зависит от правильности производства земляных работ, выполнения временного пластового дренажа и подготовки грунтовых оснований, рассмотрим достаточно подробно именно эти технологические операции.

Разработка грунтов при отрывке котлованов глубиной 15 м под нулевые циклы всех трех строений «Царева сада» принята открытой экскаваторной без какой-либо крепи ограждения на первом ярусе и бульдозерной под защитой перекрытий со второго по четвертый ярусы.

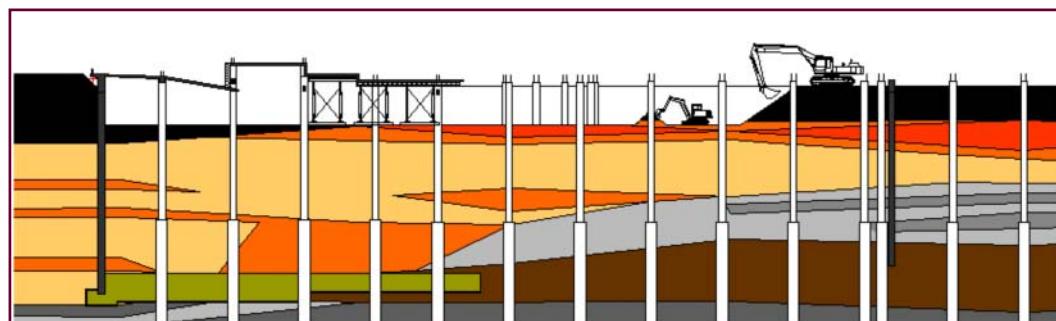
Земляные работы на каждом из ярусов включают собственно разработку грунта с уступом, планировку дна котлована, устройство временного пластового трубчатого дренажа для контроля и поддержания стабильным уровнем грунтовых вод ниже дна котлована, а также последующую отсыпку и втрамбование щебня известняка в грунтовое основание с целью его упрочнения.

Внутрикотлованный водоотлив производится по мере разработки грунта на каждом из ярусов, включая первый ярус, где уровень подготовляемого (к бетонированию перекрытия над -1-м этажом) грунтового основания практически совпадает с меженным уровнем грунтовых вод. С этой целью на промежуточных подуровнях ярусов используются открытые контурные дренажные канавы, а на уровнях подготовляемых грунтовых оснований – временные заглубленные трубчатые дренажи.

В узлах пересечения дренажных канав, а также трубчатых дренажей устраиваются переносные водосборные колодцы, заглубленные на 2,7 м и оборудованные насосами «ГНОМ» 40-18Т для перекачивания воды при открытом водоотливе в ливневую канализацию. Опыт строительства Строения 1 показал, что при разработке грунтового ядра в котловане водоприток за счет дренирования грунтов уступа дополнительно (на время разработки ядра) увеличивается, однако реальная величина водооткачки за единицу времени (с учетом длины и наклона транспортирующих в ливневую канализацию трубопроводов) все же значительно ниже паспортной производительности принятых насосов.

Временные трубчатые дренажи заглубляются не менее чем на 1,5 м по отношению к подготовливаемому грунтовому основанию и выполняются с уклоном не менее 0,3% в сторону водосборных колодцев. Эти дренажи представляют собой асбоцементные трубы диаметром 150 мм с прорезанными водоприемными отверстиями, уложенные в траншее и обсыпанные щебнем известняка на треть и более глубины траншей, а затем присыпанные местным дренирующим грунтом.

Открытая разработка грунта на первом ярусе высотой 4 м осуществляется экскаватором FH 330.3 («обратная лопата») с ковшом вместимостью 1,2 м<sup>3</sup> и производительностью 750 м<sup>3</sup>/сут., а доработка грунта вдоль траншейных стен и вокруг буровых колонн [5] – двумя малогабаритными экскаваторами X-335 «Bobcat» с ковшом вместимостью 0,04 м<sup>3</sup> (рис. 4).



**Рис. 4.** Строение 1 Многофункционального комплекса «Царев сад» в Москве.  
Открытая разработка грунта на 1-м ярусе котлована с параллельным возведением перекрытия над -1-м этажом и опиранием инвентарной опалубки на подготовленное грунтовое основание.

Параллельно с открытой разработкой грунта захватками на первом ярусе возводится перекрытие над -1-м этажом (в уровне земли). Инвентарная опалубка при этом опирается через деревянные лаги на пластичные грунты, поверхность которых осушена пластовым дренажем и упрочнена втрамбованием щебня (рис. 5, 6).

Опорами конструкций каждого из строений Многофункционального комплекса «Царев сад» служат периметральные траншейные стены и промежуточные буровые колонны, позволяющие на стадии строительства в буквальном смысле вывесить наземные части



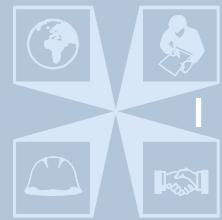
**Рис. 5.** Строение 3 Многофункционального комплекса «Царев сад» в Москве.  
Подготовка грунтового основания с последующей установкой инвентарной опалубки  
на лежнях при возведении перекрытия над -1-м этажом.

девятиэтажных строений вместе с лифтовыми шахтами и лестничными клетками над углубляемыми под ними котлованами. С этой целью в зоне лифтовых шахт и лестничных клеток выполнены дополнительные буровые колонны. Никаких ограничений по опережающему возведению наземных этажей над подземными реализуемый проект не предусматривает, тем более что, чем быстрее сооружаются наземные этажи, тем больше пригруз котлована и меньше величина деформации окружающего грунтового массива.



**Рис. 6.** Строение 3 Многофункционального комплекса «Царев сад» в Москве.  
Арматурные работы при возведении перекрытия над -1-м этажом.

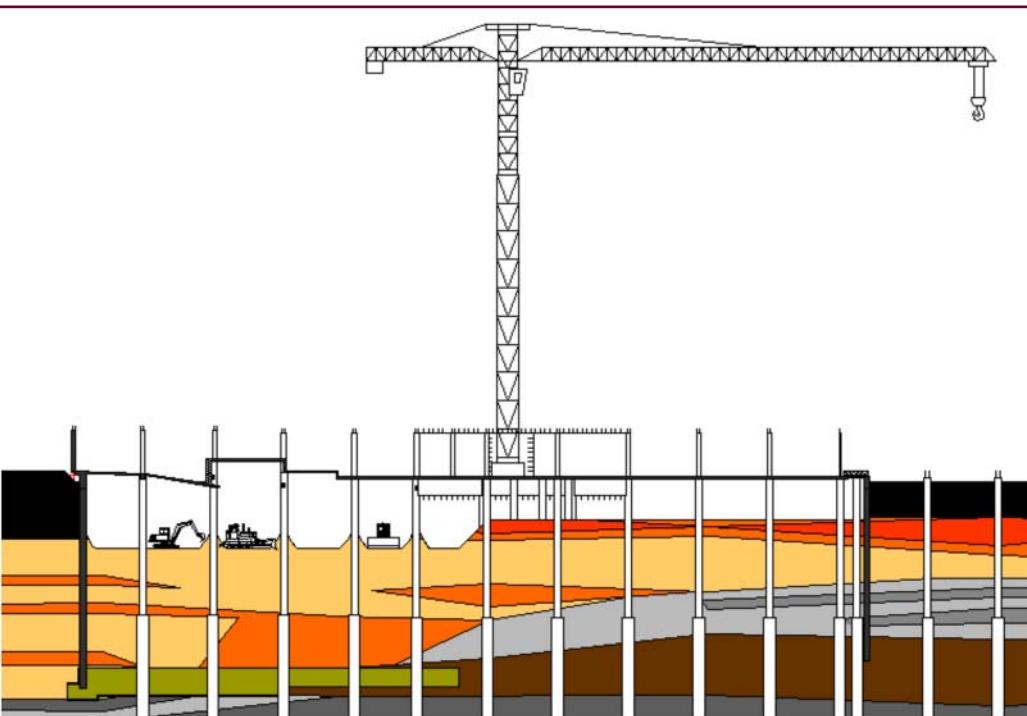




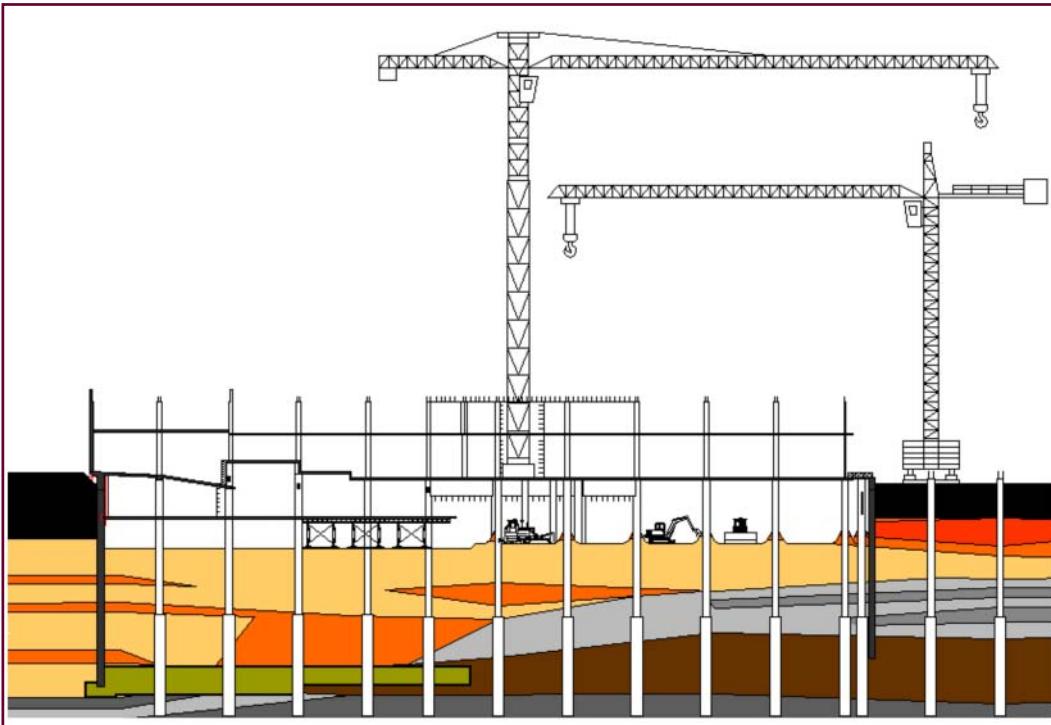
**Рис. 7.** Строение 1 Многофункционального комплекса «Царев сад» в Москве. Возвведение стен усиления лифтовых шахт центрального ядра.

Лифтовые шахты и лестничные клетки наземных этажей в процессе возведения перекрытий строений в уровне земли усиливаются системой вертикальных балок-стенок, являющихся готовыми частями стен лифтовых шахт и лестничных клеток подземных этажей с повышенным расчетным армированием (рис. 7).

Когда бетон перекрытий в уровне земли достигает 75% проектной прочности в специально усиленных зонах на них при последовательном возведении всех трех строений



**Рис. 8.** Строение 1 Многофункционального комплекса «Царев сад» в Москве. Разработка грунта на 2-м ярусе котлована под защитой перекрытия над -1-м этажом. Начало возведения наземной части здания.



**Рис. 9.** Строение 1 Многофункционального комплекса «Царев сад» в Москве. Завершение разработки грунта на 2-м ярусе котлована под защитой перекрытия над -1-м этажом. Параллельное возведение перекрытия над -2-м этажом и конструкций +2-го этажа.

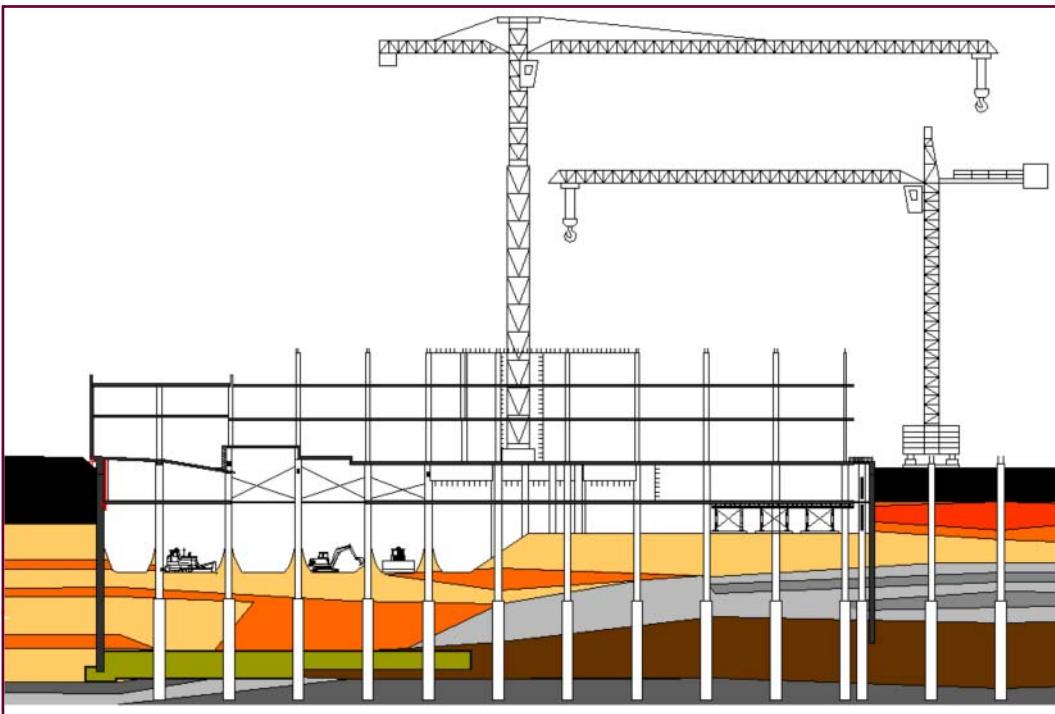
комплекса стационарно устанавливается башенный кран. При достижении перекрытиями 100% проектной прочности с опиранием на них опалубки, а в дальнейшем – подпирающих стоек начинается по схеме «снизу-вверх» возведение конструкций наземных этажей (рис. 8).

Со второго по четвертый ярусы высотой от 3 до 4 м разработка грунтов ведется под защитой параллельно возводимых перекрытий подземных этажей с пригрузом котлована конструкциями наземных этажей и в два приема: вначале первая половина, затем вторая



**Рис. 10.** Строение 3 Многофункционального комплекса «Царев сад» в Москве. Возведение перекрытия над -2-м этажом.

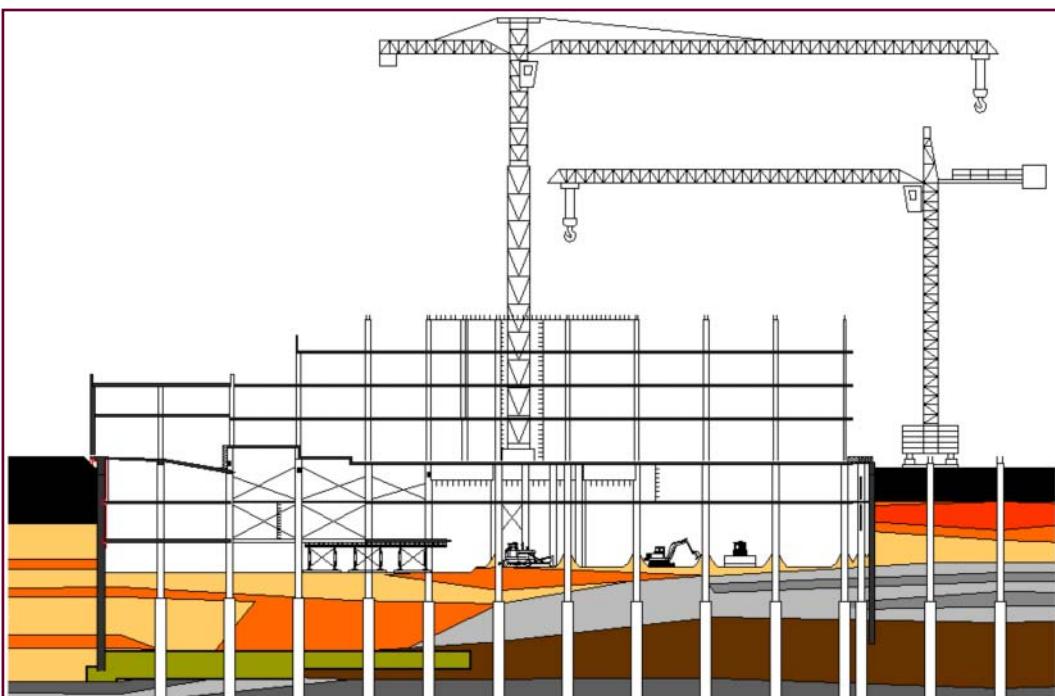




**Рис. 11.** Строение 1 Многофункционального комплекса «Царев сад» в Москве. Разработка грунта на 3-м ярусе котлована под защитой перекрытий над -1-м и -2-м этажами. Параллельное возведение конструкций +3-го этажа.

половина – уступ. Такой порядок земляных работ на каждом из ярусов принят для минимизации деформаций окружающего грунтового массива и снижения влияния на близлежащие здания и мост, а также для повышения безопасности производства работ в случае аварийного прорыва грунтовых вод (рис. 9-12).

Полузакрытая разработка грунта на этих ярусах выполняется бульдозерами ДЗ-42В на



**Рис. 12.** Строение 1 Многофункционального комплекса «Царев сад» в Москве. Завершение разработки грунта на 3-м ярусе котлована под защитой перекрытий над -1-м и -2-м этажами. Параллельное возведение перекрытия над -3-м этажом и конструкций +4-го этажа.



**Рис. 13.** Строение 1 Многофункционального комплекса «Царев сад» в Москве. Разработка грунта малогабаритным экскаватором «Hitachi» EX60 на 3-м ярусе котлована в зоне проемов под въездную рампу под защитой временной металлической крепи.

ре «ATLAS» 1704 выдается на поверхность и грузится непосредственно в автосамобили-самосвалы для вывоза в отвал (рис. 14).

Как уже упоминалось, в процессе разработки грунта следует постоянно следить за тем, чтобы на его поверхности не образовывались лужи воды, которые под воздействием динамических нагрузок от землеройной техники могут привести грунт в тиксотропное (разжиженное) состояние и техника может просто начать «тонуть». В случае, если будет «разбито» грунтовое основание яруса, по опыту строительства Строения 1 Многофункционального комплекса «Царев сад» понадобится около 3-х дней для того, чтобы его «подсушить» пластовым дренажем перед монтажем опалубки на



**Рис. 15.** Строение 1 Многофункционального комплекса «Царев сад» в Москве. Возвведение перекрытия над -3-м этажом в зоне проемов под въездную рампу.

базе трактора ДТ-75, а вокруг колонн и в труднодоступных местах, в том числе у траншейных стен – с помощью малогабаритных экскаваторов Х-335 «Bobcat» и «Hitachi» EX60 (рис. 13).

Упомянутая землеройная техника опускается краном под перекрытие над -1-м этажом каждого из строений после его возведения через один из двух монтажных проемов и остается под землей до полного завершения земляных работ. Разрабатываемый грунт бульдозерами транспортируется в зону монтажных проемов, откуда с помощью навесного грейфера на экскавато-



**Рис. 14.** Строение 1 Многофункционального комплекса «Царев сад» в Москве. Выдача разработанного грунта из-под перекрытий через временный монтажный проем и его погрузка в автомобиль-самосвал грейфером на экскаваторе «ATLAS» 1704.

лежнях для последующего возведения перекрытия.

Средняя скорость разработки грунтов I и II категорий под перекрытиями на этом объекте составляет около 450 м<sup>3</sup>/сут., а в грунтах IV-категории (разрушенные и малопрочные трещиноватые Перхуровские известняки, мергели и

доломиты, встречающиеся на четвертом ярусе котлована) – не свыше 200 м<sup>3</sup>/сут. при трехсменной работе. Эта скорость разработки соответствует максимальной производительности экскаватора «ATLAS» 1704 с навесным грейфером – 450 м<sup>3</sup>/сут. Бульдозерная разработка пород Перхуровской толщи сопровождается разрушением их блоков с помощью навесного гидроклина на малогабаритном экскаваторе «Bobcat».

После завершения разработки грунта на каждом из ярусов и устройства временного трубчатого дренажа, планировка дна котлована, а также разравнивание щебеночной подготовки выполняется бульдозерами ДЗ-42В на базе трактора ДТ-75, а вокруг колонн – с помощью навесных отвалов на экскаваторах Х-335 «Bobcat». Перевозка щебня осуществляется автопогрузчиком UNC 061.

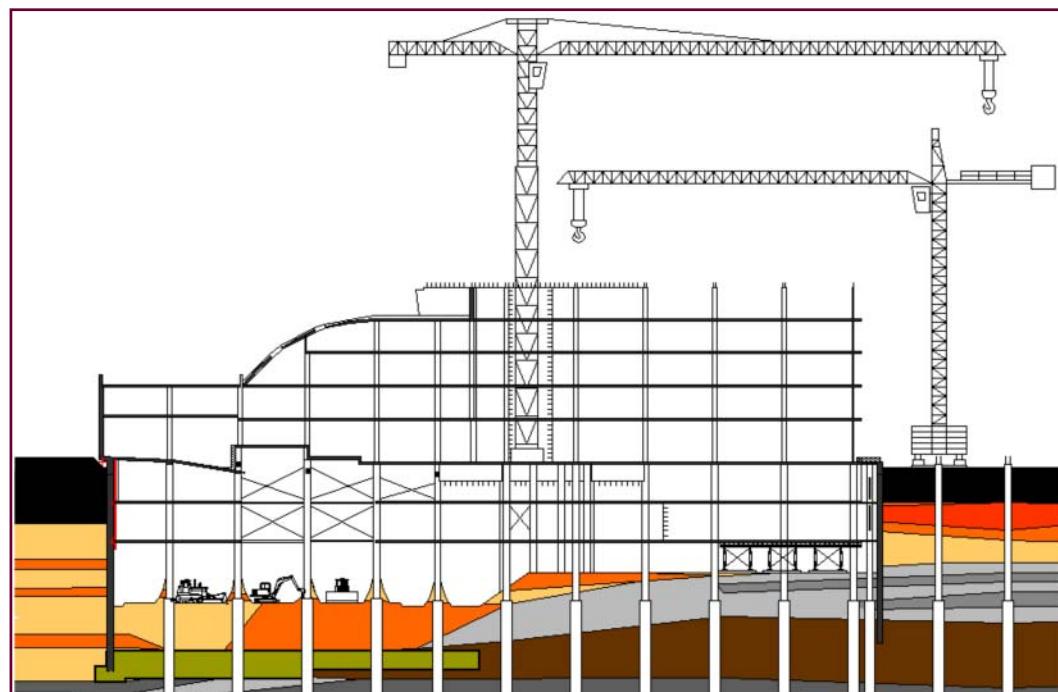
До начала укладки щебеночной подготовки с поверхности грунтового основания необходимо полностью устраниТЬ все лужи, а уровень воды в водосборных колодцах должен находиться не менее чем на 1 м ниже поверхности.

Втрамбовывание щебня в грунтовое основание, а также уплотнение собственно щебеночной подготовки (общая толщина слоя около 15 см) производится ручным катком типа BW605 (масса 810 кг, ширина 600 мм), оборудованным электродвигателем для перемещения.

В случае, если в процессе послойной разработки грунта на ярусе землеройной техникой грунтовое основание все же «разбивается», производится замена разжиженного грунта на послойно утрамбовываемый щебень известняка или под него укладывается дополнительный трубчатый дренаж, позволяющий в течение нескольких суток осушить эту зону для завершения подготовки грунтового основания к установке опалубки. После выполнения дополнительного трубчатого дренажа под щебеночную подготовку желательно укладывать геотекстильный фильтр, например, «Тураг» SF27 или SF32, не только упрощающий водоотвод, но и служащий одновременно армированием грунтового основания.

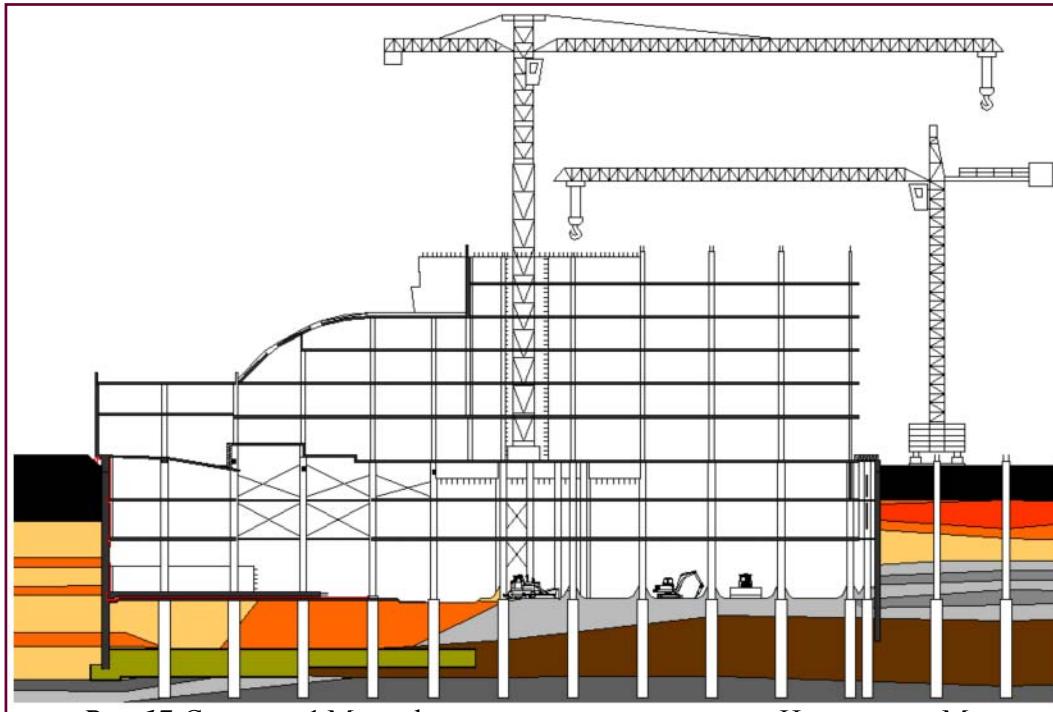
Под защитой введенного перекрытия над -3-им этажом (рис. 15), а также защитой двух вышерасположенных перекрытий четвертым ярусом завершается разработка котлована (рис.16, 17).

Далее выполняется временный пластовый дренаж, конструкция которого отличается от



*Рис. 16. Строение 1 Многофункционального комплекса «Царев сад» в Москве.*

Разработка грунта на 4-м ярусе котлована под защитой перекрытий над -1-м, -2-м и -3-м этажами. Параллельное возведение конструкций +5-го этажа.



**Рис. 17.** Строение 1 Многофункционального комплекса «Царев сад» в Москве. Завершение разработки грунта на 4-м ярусе котлована под защитой перекрытий над -1-м, -2-м и -3-м этажами. Параллельное возвведение фундаментной плиты и конструкций +6-го этажа.

ранее упоминавшейся тем, что дренажные трубы обертывают геотекстильным фильтром «Туpar» SF27 и по мере укладки в траншее обсыпают щебнем. Трубы выводятся под уклоном к дренажным железобетонным колодцам, обернутым тем же геотекстильным фильтром и обсыпанным щебнем.

Перед возведением захваток фундаментной плиты промежуточные дренажные колодцы, оказавшиеся в зоне этих работ, засыпаются щебнем с послойной трамбовкой, а пластовый дренаж накрывают разделительным слоем геотекстиля «Letex» плотностью 250 г/м<sup>2</sup>, препятствующего его пропитке цементным молоком во время бетонирования подготовки под гидроизоляцию [6].

Такая измененная конструкция дренажа позволяет исключить заиливание дренажных труб и колодцев и обеспечивает контроль уровня грунтовых вод как в процессе гидроизоляции фундаментной плиты, так и при введении последней.

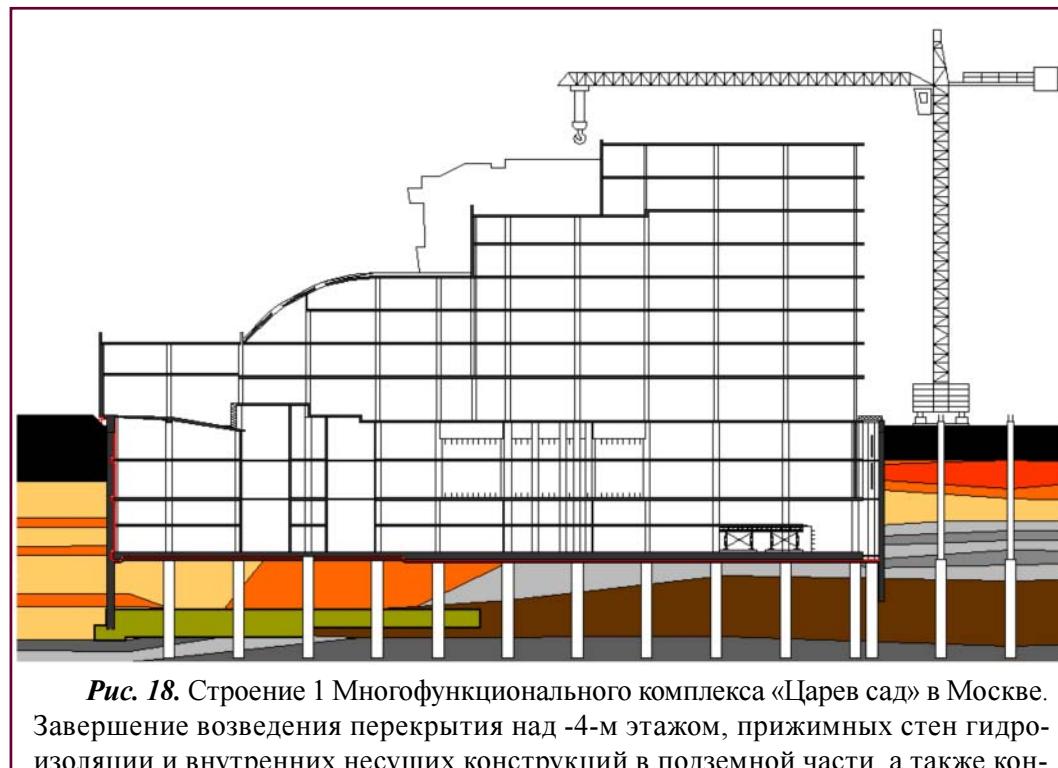
Поскольку собственно комплекс формируют три отдельных строения, возводимые в три очереди, достаточно длительный период времени гидроизоляция двух крайних строений остается разомкнутой со стороны среднего строения. Для исключения затопления подземных этажей построенных строений временные пластовые трубчатые дренажи под фундаментными плитами двух крайних строений выводятся в основные дренажные колодцы вдоль временных траншейных стен, подлежащих разборке по мере введения последнего строения.

Временные пластовые дренажи под фундаментными плитами с момента завершения строительства крайних строений комплекса до завершения среднего строения обеспечивают лишь локальное снижение гидростатического давления непосредственно в зонах размыкания гидроизоляции (воронки депрессии).

За счет заиливания геотекстильных фильтров после завершения строительства крайних строений не только исключается развитие суффозионных процессов в грунтовых основаниях под ними, но и снижается водоприток в основные дренажные колодцы у временных траншейных стен. Это позволяет использовать водяные насосы с автоматизированным уровнем контроля воды в них эпизодически (только в случае превышения контрольного уровня воды

в колодцах).

Четвертое межэтажное перекрытие подземной части каждого из строений бетонируется после завершения возведения фундаментной плиты. Опалубка при этом опирается на фундаментную плиту (рис. 18).



*Рис. 18. Строение 1 Многофункционального комплекса «Царев сад» в Москве. Завершение возведения перекрытия над -4-м этажом, прижимных стен гидроизоляции и внутренних несущих конструкций в подземной части, а также конструкций наземной части здания.*

Параллельно с возведением по схеме «сверху-вниз» монолитных железобетонных промежуточных перекрытий -(1-го – 3-го) подземных этажей выполняется гидроизоляция траншейных стен и бетонирование прижимных стен.

### **КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ НА ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЯХ**

Комбинированная технология возведения монолитных железобетонных перекрытий при использовании полузакрытого способа строительства подземных сооружений сочетает в себе как элементы технологии возведения перекрытий безопалубочным методом непосредственно на подготовленных грунтовых основаниях, так и с опиранием инвентарной опалубки на подготовленные грунтовые основания.

В отдельных случаях такое сочетание не только целесообразно, но и порой является единственным выходом для обеспечения безопасности строительства.

Именно комбинированная технология возведения монолитных железобетонных перекрытий при переходе от открытого способа строительства к полузакрытому была предложена нами в проекте «Основных технических решений», разработанном в декабре 2001 г. для Многофункционального комплекса «Арбат-центр» с подземной автостоянкой по заказу застройщика ЗАО «Сиракузы».

Первоначально предусматривалось сооружение четырехэтажной подземной автостоянки открытым способом с временной металлической двухуровневой крепью ограждения котлована, выполняемого методом «стена в грунте» по технологии французской фирмы «Soletanche-Bachy». Учитывалась также перспектива размещения над подземной автостоянкой

тринадцатиэтажного офисного здания и двухэтажного технологического.

Исходя из этих условий, нами запроектированы, а фирмой «Soletanche-Bachy» с использованием гидравлического грейферного оборудования возведены траншеиные стены толщиной 600 мм, являющиеся ограждающими и несущими одновременно и соответствующим образом армированные.

При выполнении траншеиных стен обнаружилось несоответствие фактического геологического строения Перхуровской толщи строению, описанному в отчетах по результатам геоизысканий. На месте известняков, разрушенных до щебня, муки, дресвы и мелких глыб, при разработке траншей вскрылись крупные глыбы и фрагменты трещиноватого известняка с прочностью от 12 до 45 МПа, которые невозможно разработать без дополнительного использования долота или перехода от грейферной разработки траншей к разработке с помощью гидрофрезы.

Поскольку замена землеройного оборудования влекла значительное удорожание строительства, а использование долота на стройплощадке, вокруг которой находятся старые здания в не самом лучшем состоянии, было встречено владельцами окружающих зданий и сопровождающей строительство научной организацией без должного понимания, иного выхода, как уменьшить заглубление траншеиных стен на 2-4 м не оставалось. Однако, даже при имевшемся в таком случае защемлении подошв траншеиных стен в грунте на 3,8 м ниже дна котлована глубиной 16 м, не было особых проблем с возведением подземной автостоянки открытым способом.

Общеизвестно, что при параллельном строительстве и проектировании возможен достаточно серьезный пересмотр основополагающих решений заказчиком, особенно когда это строительство ведется при жесткой инвестиционной политике. Неудивительно, что после практического завершения возведения траншеиных стен по ранее утвержденному проекту четырехэтажная подземная автостоянка была заменена на пятиэтажную, а открытый способ строительства было решено заменить полузакрытым.

Увеличение стоимости строительства в таком случае, бесспорно, компенсируется дополнительным пятым этажом, удобством параллельного производства работ при возведении главного корпуса МФГЦ «Арбат-центр» и подземной автостоянки, возможностью после возведения покрытия автостоянки сразу же начать сооружение двухэтажного технологического наземного здания, а также значительным сокращением продолжительности строительства и выплат процентов по кредитам.

Проведенные нами в составе проекта «Основных технических решений» исследования возможности возведения пятиэтажной подземной автостоянки полузакрытым способом взамен четырехэтажной – открытым способом, показали следующее:

- при имеющихся армированиях выполненных траншеиных стен и величине их защемления опережающую поярусную разработку грунта с последующим возведением перекрытий с помощью инвентарной опалубки, опирающейся на грунтовые подготовленные основания, на последнем – пятом ярусе разработки котлована применить нельзя из-за недостаточных прочности, трещиностойкости и защемления нижней части стен;

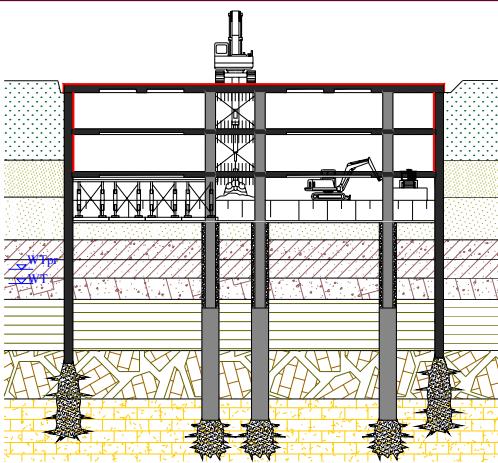
- использование технологии опережающего возведения перекрытий по отношению к паярусной разработке грунта в котловане с первого по четвертый ярусы разработки нерационально из-за существенного увеличения трудоемкости, продолжительности производства и стоимости земляных работ в условиях, когда армирование стен достаточно для применения опережающей паярусной разработки грунта.

Вот почему нами была предложена комбинированная технология возведения монолитных железобетонных перекрытий на грунтовых основаниях. При разработке этих технических решений использовался опыт проектирования и строительства фондохранилища музея А.С. Пушкина и Строений 1 и 3 Многофункционального комплекса «Царев сад» в Москве

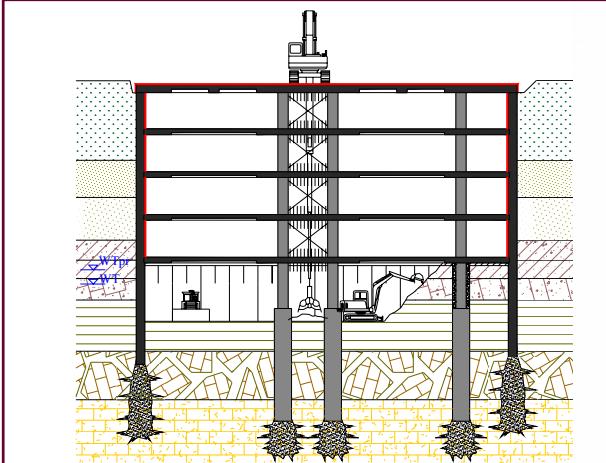


полузакрытым способом.

Таким образом, монолитные железобетонные покрытие и перекрытия над -2-м, -3-м и -4-м этажами подземной автостоянки МФЦ «Арбат-центр» намечается выполнить с опережающей поярусной разработкой грунта и последующим их бетонированием с использованием инвентарной опалубки, опирающейся на подготовленные грунтовые основания (рис. 19). Перекрытие над -5-м этажом будет выполняться безопалубочным способом на подготовленном грунтовом основании и лишь затем под его защитой производится разработка грунта на пятом ярусе котлована (рис. 20).



**Рис. 19.** Полузакрытый способ строительства подземной пятиэтажной автостоянки МГФЦ «Арбат-центр» в Москве (проект). Параллельное возведение перекрытия над -3-м этажом и разработка грунта на 3-м ярусе котлована.



**Рис. 20.** Полузакрытый способ строительства подземной пятиэтажной автостоянки МГФЦ «Арбат-центр» в Москве (проект). Разработка грунта на 5-м ярусе котлована под защитой покрытия и перекрытий над -(2-м – 5-м) этажами.

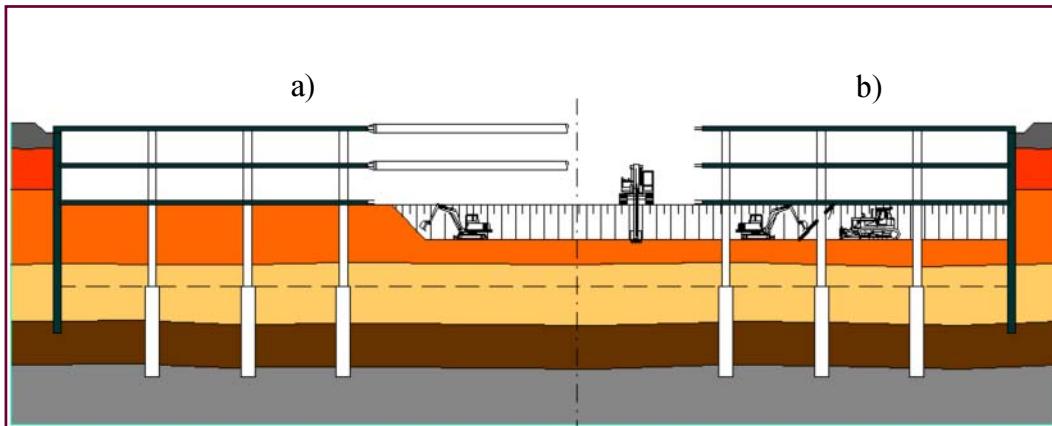
С инженерной точки зрения, строительство Многофункционального комплекса «Арбат-центр» с подземной пятиэтажной автостоянкой в стесненных условиях центра Москвы и при параллельном производстве работ настолько интересно, что достойно отдельной специальной публикации.

### ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ПРИ СОЧЕТАНИИ ПОЛУЗАКРЫТОГО И ОТКРЫТОГО СПОСОБОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Сочетание полузакрытого способа строительства с открытым при возведении подземных сооружений мелкого заложения может быть также успешно использовано.

При этом обязательно следует учитывать особенности геологических, гидрогеологических и градостроительных условий, а также габаритные размеры сооружений.

Наиболее рациональная схема организации производства работ в таком случае – безопалубочный способ бетонирования перекрытий на подготовленных грунтовых основаниях в пролетах вдоль траншейных стен с опережающей открытой и паярусной разработкой центрального ядра котлована при использовании временной металлической крепи (рис. 21а) или без нее (рис. 21б). Здесь центральное ядро служит своеобразным стартовым котлованом для организации разработки грунта на каждом из ярусов сплошным забоем под защитой перекрытий. Поскольку возведение перекрытий в зоне проемов выполняется по традиционной схеме «снизу-вверх» и после возведения фундаментной плиты, упоминавшейся ранее



*Рис. 21. Сочетание полузакрытого и открытого способов строительства подземного сооружения:*

- a) с использованием временной металлической крепи;
- b) без использования временной металлической крепи.

требования по аккуратности производства земляных работ на промежуточных ярусах центрального ядра, где применяется открытая разработка грунта, не актуальны.

Временная металлическая крепь устанавливается по схеме «сверху-вниз» в уровне перекрытий и в зоне проемов в их дисках по мере поярусной опережающей разработки центрального ядра котлована. Это решение целесообразно для больших и протяженных по длине подземных сооружений, с ярко выраженной, с точки зрения статики, работой несущих конструкций в поперечном сечении.

Для подземных сооружений, ограниченных в плане размеров и обладающих выраженным пространственным характером статической работы несущих конструкций, временную металлическую крепь можно и не использовать. При этом рабочее армирование сплошных дисков монолитных железобетонных перекрытий для стадии эксплуатации должно быть проверено на достаточность по прочности, трещиностойкости и деформативности на стадии строительства, когда в них временно выполняются обширные центральные проемы, и при необходимости дополнительно усилено.

В сложных условиях строительства возможность использования данной технологии должна быть подтверждена геомеханическими расчетами с учетом изменения напряженно-деформированного состояния окружающего грунтового массива и возводимых конструкций на всех основных стадиях производства работ, а также в стадии эксплуатации.

Эту и другие, не менее интересные, публикации теперь Вы можете также найти на

нашем сайте в Internet:

<http://www.yurkevich.ru>

или в файловом архиве предприятия:

<ftp://ftp.yurkevich.ru/pub>.



## ЛИТЕРАТУРА

- 
1. Чеканов П. Реконструкция и реставрация комплекса музея А.С. Пушкина. Современные технологии на строительстве нулевого цикла фондохранилища//Подземное пространство мира. 1997. № 3. – с. 9 – 13.
  2. Юркевич П. Реконструкция и реставрация комплекса музея А.С. Пушкина в Москве. Совершенствование технологии строительства фондохранилища//Подземное пространство мира. 1998. № 2-3. – с. 20 – 21.
  3. Юркевич П., Чеканов П. Уникальный объект напротив Кремля//Подземное пространство мира. 2001. № 1. – с. 27 – 37.
  4. Yurkevich P. Multifunctional complex «The Tsar's Garden» in Moscow: Combination of well-known and novel ideas in structures and technologies of underground construction is being successfully realized opposite to the Kremlin//AITES-ITA 2001 World Tunnel Congress «Progress in tunnelling after 2000». Volume III, Session 5. p. 513 – 520. Patron Editore, Bologna.
  5. Юркевич П. Буровые колонны – новая реальность//Подземное пространство мира. 2001. №4. – с. 12 – 21.
  6. Юркевич П. Гидроизоляция подземного пространства Многофункционального комплекса «Царев сад»//Подземное пространство мира. 2001. № 3. – с. 11 – 22.