



## Resource Saving Pile Columns and Slabs in Top-Down Technology

Shalenny, V.T.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

\* [v\\_shalennyj@mail.ru](mailto:v_shalennyj@mail.ru)

### Keywords:

top-down technology, pipe-columns, adhesion, underground floors, reinforced concrete flooring, formwork, resource saving, technical and economic indicators

### Abstract:

The solutions for resource-saving technology for the construction of pile columns and reinforced concrete floors of multi-story underground structures using the well-known «top-down» method *has* discussed. The observed disadvantages and ways to improve the design of the pile-column to facilitate the cleaning of its upper, column part are shown. For this purpose, it is proposed to mount a removable polymer shell on the pipe-formwork, mainly in the form of a pipe made of vinyl plastic, which practically does not have adhesion to the concrete mixture during its hardening. Further improvement of the organizational and technological scheme for the construction of monolithic reinforced concrete structures of the multi-story underground part of civil facilities using the «top-down» method consists of setting and solving the problem of installing several floors in a single assembled formwork. The problem is solved by the proposal to move the specified formwork without disassembly from the top to the next level below the projected level. A simulation of the technology and organization of work on a specific civil building with a developed multi-story underground part - Parking. As a result of the comparative efficiency assessment, the cost of constructing an underground multi-story Parking lot using improved technology was reduced by 3.4% and the total duration of work was reduced by 3.6%. This did not take into account the economic effect associated with reducing the construction time of the object.

## 1 Введение / Introduction

В условиях плотной городской застройки с дефицитом свободных площадок, особенно в центральной части крупных городов, максимально возможное и эффективное освоение их подземного пространства приобретает особую актуальность. Однако часто гидрогеологические условия застраиваемой территории делают задачу возведения для этих целей многоэтажных подземных каркасных железобетонных объектов достаточно сложной. Этим условиям в большой степени соответствует относительно новая технология возведения подземной многоэтажной части зданий по методу «top - down».

Судя по последним публикациям, наибольшее развитие и распространение метод «top - down» находит в азиатских странах – Китае [1], Гонконге [2] и Малайзии [3], [4]. Там продолжают исследования как несущей способности вертикальных конструкций строящегося объекта [5], [6], так и влияния подземного строительства на соседние ранее возведенные здания и сооружения [1]. Совершенствования касаются также технологии устройства перекрытий подземной части объектов, возводимых по исследуемому способу [7]. Относительно редкое использование исследуемого метода «top-down» исследователями объясняется также не достаточной информированностью специалистов о его эффективности [4]. При этом показателями эффективности исследователи традиционно считают сроки возведения, его стоимость, но с требуемым качеством [8], [9]. А поскольку способ «top-down» позволяет одновременно вести работы по устройству подземной и наземной частей зданий, то соответственно ускоряет сроки окупаемости инвестиций.

Технология подземного многоэтажного строительства по методу «сверху-вниз» нашла применение в Германии [10], в Украине [11]. В Российской Федерации технология применялась в

Санкт Петербурге и Москве. Например, в 2002 году по технологии «сверху-вниз» были построены многофункциональный комплекс «Арабат-Центр», комплекс «Царев-сад» в Москве [12]. Там в начале, по периметру будущего здания, устраивалась монолитная или сборно-монолитная стена в грунте. Одновременно со стеной в грунте, или с небольшой сдвижкой во времени, устраивались сваи-колонны специально разработанной конструкции. Ведь реализация такого крупномасштабного проекта, как «Царев сад», была бы невозможна без использования новой конструкции и технологии возведения буровых колонн, специально разработанных для этого объекта. Как нам представляется, термин «буровые колонны» [13]–[16] разработчиками был введён для того, чтобы подчеркнуть принципиальные отличия применённого решения от широко известных буронабивных свай. С дневной поверхности стройплощадки, с высокой точностью были возведены 225 буровых колонн длиной по 26,5 м в качестве постоянных несущих конструкций, не требовавших, по замыслу проектировщиков, никакого последующего усиления или доработки.

Технологический процесс изготовления каждой железобетонной сваи-колонны предусматривал образование в грунте вертикальной скважины, обычно под давлением раствора бентонитовой глины в обсадной трубе. После проходки скважины проектной глубины в неё погружали нижнюю часть арматурного каркаса, соединённого сварными соединениями с не извлекаемой трубой-опалубкой, в которой жёстко закреплён арматурный каркас с закладными деталями верхней опорной части железобетонной сваи-колонны. Далее производилось заполнение скважины бетонной смесью по методу подводного бетонирования, когда более тяжёлая бетонная смесь вытесняла более лёгкий глиняный раствор и, далее, твердением бетона, получали готовую железобетонную сваю-колонну.

Затем приступали к устройству перекрытий с разработкой котлована. Вначале производилось бетонирование перекрытия верхнего этажа подземной части каркаса. Затем, после набора прочности перекрытием, приступали к разработке котлована на один этаж. Котлован разрабатывался через технологические проёмы, на месте которых по проекту планировались пандусы, лестничные клетки и (или) лифтовые шахты. После разработки грунта на один этаж снова производится бетонирование следующего перекрытия, и далее процесс повторяется необходимое количество раз. После бетонирования последнего перекрытия, под ним также разрабатывался грунт и устраивалась фундаментная плита, жёстко связанная с предварительно устроенными сваями-колоннами.

С учетом полученного опыта устройства фундаментов глубокого заложения, в Российской Федерации совершенствуется и нормативная база проектирования подобных объектов. Работы выполняются под руководством НИЦ «Строительство» [17] с участием ведущих специалистов Москвы и Санкт Петербурга [18], Перми [19]–[21] и других городов. Но в большей степени эти работы ориентированы на исследования, расчеты и проектирование конструкций фундаментов и грунтовых оснований, и существенно в меньшей степени касаются технологии и организации работ, их взаимосвязи с работами по устройству железобетонных конструкций междуэтажных перекрытий подземных сооружений. А это может повлиять на сроки их выполнения и требуемые материально-технические и людские ресурсы.

В традиционной технологии и организации работ по устройству междуэтажных железобетонных перекрытий методом «сверху - вниз» предусматривается их бетонирование или просто на подготовленном грунтовом основании с последующим обнажением снизу разработкой грунта [22], или же бетонированием в разборно-переставной опалубке. В первом случае страдает качество, во втором - увеличиваются материалоемкость, трудоёмкость и сроки. По уже отработанному в Москве методу «стена в грунте» фиксируется не распорной системой из массивных металлических конструкций, а инвентарными стальными распорками (фермами, собираемыми на месте из лёгких металлических элементов) и, образующимися после твердения бетона, дисками перекрытий подземной части возводимого здания или сооружения. Это снижает ресурсоемкость возведения железобетонных перекрытий подземных этажей.

Для снижения ресурсоемкости производства междуэтажных перекрытий в последнее время выполнено много и других инновационных разработок, например, частично заменяющих монолитный железобетон вкладышами из блоков природного и искусственного происхождения [23]–[25] или пластмассы [26]–[28]. Учитывая необходимость восприятия не только вертикальных нагрузок, но и распорных усилий от бокового давления грунтового массива, более целесообразным представляется выполнение ребристых железобетонных перекрытий преимущественно из монолитного железобетона. Но необходимы дополнительные

Shalenny, V.T.

Resource Saving Pile Columns and Slabs in Top-Down Technology;

2020; Construction of Unique Buildings and Structures; Volume 91 Article No 9105. doi: 10.18720/CUBS.90.5

конструктивные разработки, технологическое проектирование и последующая сравнительная оценка затрат ресурсов, причем применительно к конкретным объектам и условиям.

Изучение проанализированного производственного опыта использования метода «top - down» в условиях г. Перми, также свидетельствует о существенно больших удельных затратах ресурсов на реализацию исследуемой технологии [20], [29]. К ним относятся показатели трудоёмкости, стоимости, продолжительности и материалоемкости. Улучшение перечисленных показателей позволит расширить области применения изучаемой прогрессивной технологии. Обоснованное совершенствование конструктивно-технологических решений свай-колонн и перекрытий, направленное на сокращение их ресурсоемкости предполагает ее минимизацию и в комплексном технологическом процессе возведения многоэтажной подземной части гражданских зданий, что и представляется нами целью настоящей научно-прикладной работы.

## 2 Материалы и методы / Materials and Methods

Поставив обозначенную цель снижения удельных затрат ресурсов на проектирование и внедрение технологии «top - down», нами выполнялось вариантное проектирование технологии и организации производства работ по строительству трёхэтажной подземной части гостиничного комплекса в г. Ялта (Республика Крым, Российская Федерация) по ул. Игнатенко, 9. Здание в плане имеет геометрически неправильную форму размерами по крайним осевым линиям 48,9 x 30,0 м, высотой на 9 надземных этажей с мансардой (Рис. 1). В трёх подземных этажах расположены следующие помещения: паркинг, подсобные помещения, электрощитовая, венткамера, трансформаторные, помещение пожарных насосов, пандус и лифтовые холлы.

Прогнозируемым результатом нашей работы при этом представляется комплексное рассмотрение, описание, вариантное проектирование и определение суммарных затрат ресурсов на возведение вертикальных (монолитная «стена в грунте» и свай-колонны) и горизонтальных монолитных железобетонных конструкций перекрытий, а также нижней фундаментной плиты-ростверка на дне котлована. Определение сроков возведения комплекса подземных несущих конструкций исследованного объекта, а также максимальной суточной потребности ресурсов (трудовых и материальных) осуществлялось путём построения календарных графиков (компьютерным моделированием) производства перечисленных работ с взаимоувязкой их в пространстве и времени.

Для реализации намеченного плана был произведён сбор, анализ и обобщение информации из литературных и патентных источников, выбор технологии-прототипа, его критика с определением «узких мест», путей их устранения и, наконец, синтез и патентование принципиальных организационно-конструктивно-технологических систем. После чего производилась их детальная проектная разработка с последующей оценкой экономической эффективности по сравнению с известными аналогами путём проведения вычислительных экспериментов и сопоставительного анализа их результатов. Эти результаты излагаются последовательно по разработанным ресурсосберегающим сваям-колоннам, междуэтажным перекрытиям и только затем - в комплексном технологическом процессе с оценкой его сравнительной экономической эффективности. При сравнении, в качестве базового конструктивно-технологического и организационного решения, рассматривались конструкции и технология возведения подземной части того же объекта в г. Ялта (Республика Крым, Российская Федерация), но выполненного на основе первого пункта изобретения РФ №2220258 [15]. В настоящее время правами на указанное альтернативное изобретение на территории города Москвы (Российская Федерация) обладает Общество с ограниченной ответственностью «Эста Констракшен» на основе неисключительной лицензии сроком на 2 года (договор РД0292575 от 18.04.2019г.).

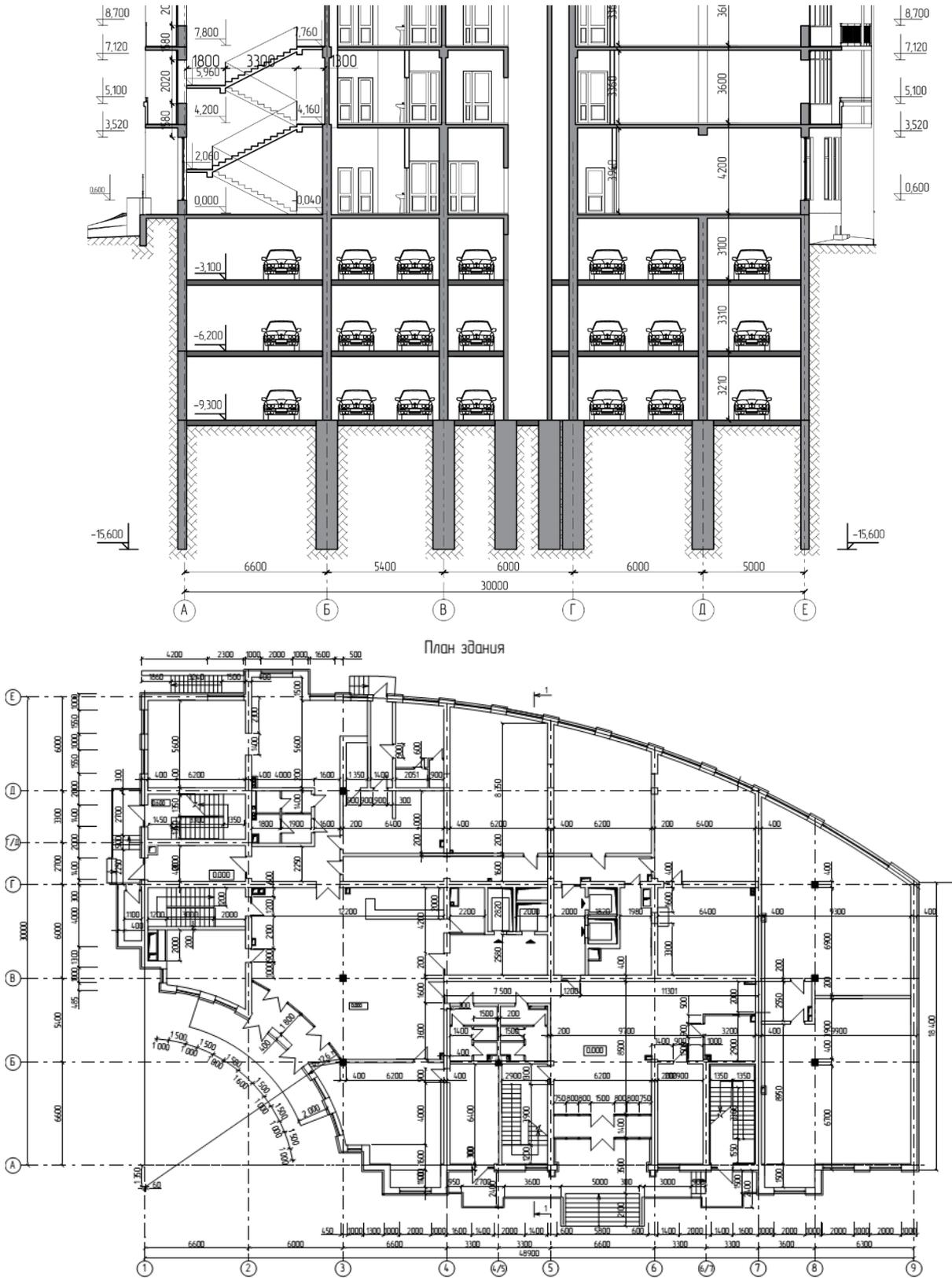


Рис.1.

План первого этажа и поперечный разрез нижней части гостиничного комплекса с трехэтажным подземным паркингом.  
 Fig. 1. Ground floor plan and cross-section of the lower part of the hotel complex with three-storey underground parking.

### 3 Результаты и обсуждение / Results and Discussion

#### 3.1 Сущность предложенной ресурсосберегающей технологии и организации работ по устройству свай-колонн усовершенствованной конструкции

Как показала уже имеющаяся практика устройства конструкций сталежелезобетонных свай-колонн большой несущей способности, одним из недостатков описанной технологии является затруднённое последующее обнажение верхней опорной части колонны. Это можно объяснить тем, что наблюдается естественное сцепление уже набравшего прочность и схватившегося с поверхностью не извлекаемой стальной конструкции, пусть и тощего, в верхней части скважины, бетона, полученного нагнетанием смеси под давлением из бетонолитной трубы. Чтобы исключить или существенно уменьшить показанный негативный эффект, необходимо совершенствование конструкции сваи-колонны для облегчения очистки её верхней, колонной части, в процессе последующей разработки грунта подземной части сооружения. Техническим результатом полученного совершенствования конструкции является облегчение очистки поверхности верхней опорной части железобетонной сваи-колонны после бетонирования, набора прочности и последующей отрывки грунта, что и оказывает влияние на затраты ресурсов, а также сокращение сроков строительства подземной части объекта.

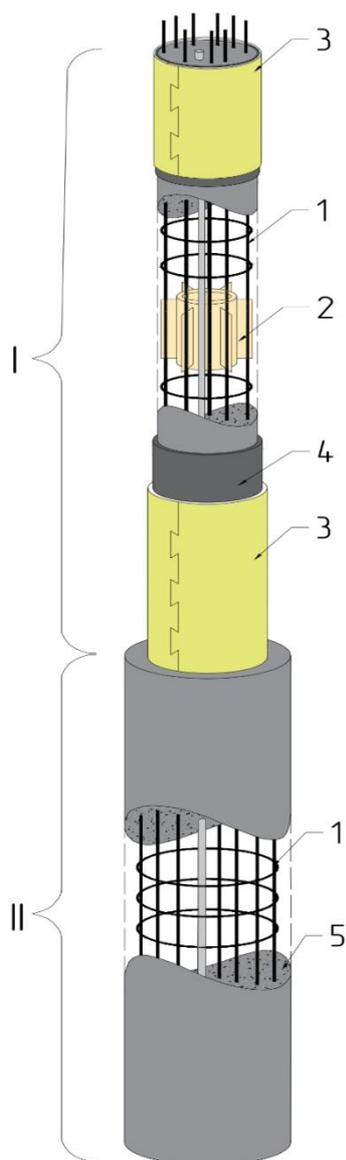
Для облегчения очистки поверхности опорной части сваи-колонны после бетонирования и последующей разработки грунта предлагается на трубу-опалубку установить съёмную полимерную оболочку преимущественно в виде трубы из винилпласта. Наши ранее выполненные опыты по поиску облицовки щитов скользящей опалубки показали, что винилпласт практически не имеет сцепления с бетонной смесью при её твердении, т.е. адгезии к бетону (патент RU № 173169 U1). А для облегчения снятия самой полимерной оболочки со стальной трубы с возможностью повторного ее использования, как вариант, предлагается эту трубу выполнить разъёмной из нескольких частей. В дальнейшем, после разработки котлована вокруг верхней опорной части железобетонной сваи-колонны, съёмную полимерную оболочку удаляют и получают готовую чистую поверхность трубы-опалубки. К ней по мере разработки грунта, или после выемки всего проектного объёма грунта, пристраивают горизонтальные несущие конструкции перекрытий подземных этажей.

Следовательно, предложенный процесс изготовления железобетонной сваи-колонны предусматривает предварительное образование в грунте вертикальной скважины с кондуктором в её устье, а сама свая представляет собой сборно-монолитную систему, как показано на Рис. 2. Забетонированная таким образом железобетонная свая-колонна будет состоять из верхней опорной части I и нижней фундаментной части II, внутри которых находится общий вертикальный арматурный каркас, а вся скважина для будущей сваи заполнена бетоном. От смещения в процессе бетонирования и набора прочности каркас удерживается ограничителями в теле сваи и кондуктором в верхней, трубной её части. Согласно нашим усовершенствованиям, эта трубная часть перед погружением, ещё при сборке стального каркаса в заводских условиях или на стройплощадке, будет покрыта слоем адгезионного к бетонной смеси материала, например, плёнкой из полиэтилена или выполнена в виде наружной трубы разъёмной из винилпласта.

Комплексный технологический процесс производства конструкций многоэтажной подземной части объекта заключается в ниже следующем. Предварительно устраивают ограждающие железобетонные конструкции подземной части будущего сооружения способом стена в грунте, а затем или параллельно со стеной, с дневной поверхности земли, приступают к устройству свай-колонн представленной усовершенствованной конструкции.

Чтобы не обрушились вертикальные стенки скважины, кроме кондуктора, как и в традиционной технологии, предусматривается разработка грунта под давлением бентонитового раствора в обсадной трубе. После образования скважины проектной глубины в неё погружают нижнюю часть арматурного каркаса, соединённого сварными соединениями с не извлекаемой трубой-опалубкой, в которой жёстко закреплён арматурный каркас с закладными деталями верхней опорной части железобетонной сваи-колонны. Далее производят заполнение скважины бетонной смесью по методу подводного бетонирования, когда более тяжёлая бетонная смесь вытесняет более лёгкий глиняный раствор и, таким образом, твердением бетона, получают готовую железобетонную сваю-колонну.

Выполнив таким образом полностью или в пределах захватки, запроектированную часть свайного поля, можно приступать к отрывке котлована вокруг верхней опорной части железобетонной сваи-колонны. В процессе этой работы дополнительный слой материала, обладающий низким сцеплением с бетоном при его твердении, расположенный на верхней колонной части, удаляют и получают готовую чистовую поверхность трубы-опалубки. К ней до, по мере разработки грунта, или же после выемки всего проектного объёма грунта, пристраивают горизонтальные конструкции перекрытий.



**Рис. 2. Предложенная усовершенствованная конструкция железобетонной сваи-колонны: I – опорная часть; II – фундаментная часть; 1 – арматурный каркас; 2 – зонтик - ограничитель; 3 – съёмная полимерная оболочка; 4 – колонна трубобетонного каркаса; 5 – бетонная смесь.**  
**Fig. 2. The proposed improved design of the reinforced concrete pile-column: I - support part; II - foundation part; 1 - reinforcing cage; 2 - umbrella - limiter; 3 - removable polymer shell; 4 - a column of a tubular concrete frame; 5 - concrete mix.**

### 3.2 Ресурсосберегающее развитие технологии и организации работ по устройству перекрытий многоэтажной подземной части здания

Упомянутые в обзорной части статьи, разработанные, в том числе, и с нашим участием, облегчённые сборно-монолитные конструкции перекрытий также могут быть применимыми и при бетонировании в собранной подвижной опалубочной системе. В этом случае сплошная щитовая опалубка может быть частично заменена решетчатой несущей конструкцией, служащей, например, для временного опирания блоков заполнения до набора прочности железобетоном их омоноличивания.

Дальнейшее же совершенствование принципиальной организационно-технологической схемы возведения монолитных железобетонных конструкций многоэтажной подземной части гражданских объектов по методу «сверху – вниз» заключается в постановке и решении задачи устройства нескольких перекрытий в один раз собранной разборно-переставной опалубке. Такая принципиальная схема может быть реализована путём её последовательного перемещения с верхнего на следующий ниже запроектированный уровень без разборки. Опускание и подъем опалубки может осуществляться при помощи известных давно отработанных домкратных систем, использовавшихся ранее, в том числе, и в г. Симферополь, при строительстве надземной части многоэтажного жилого дома на Московской площади методом подъёма перекрытий.

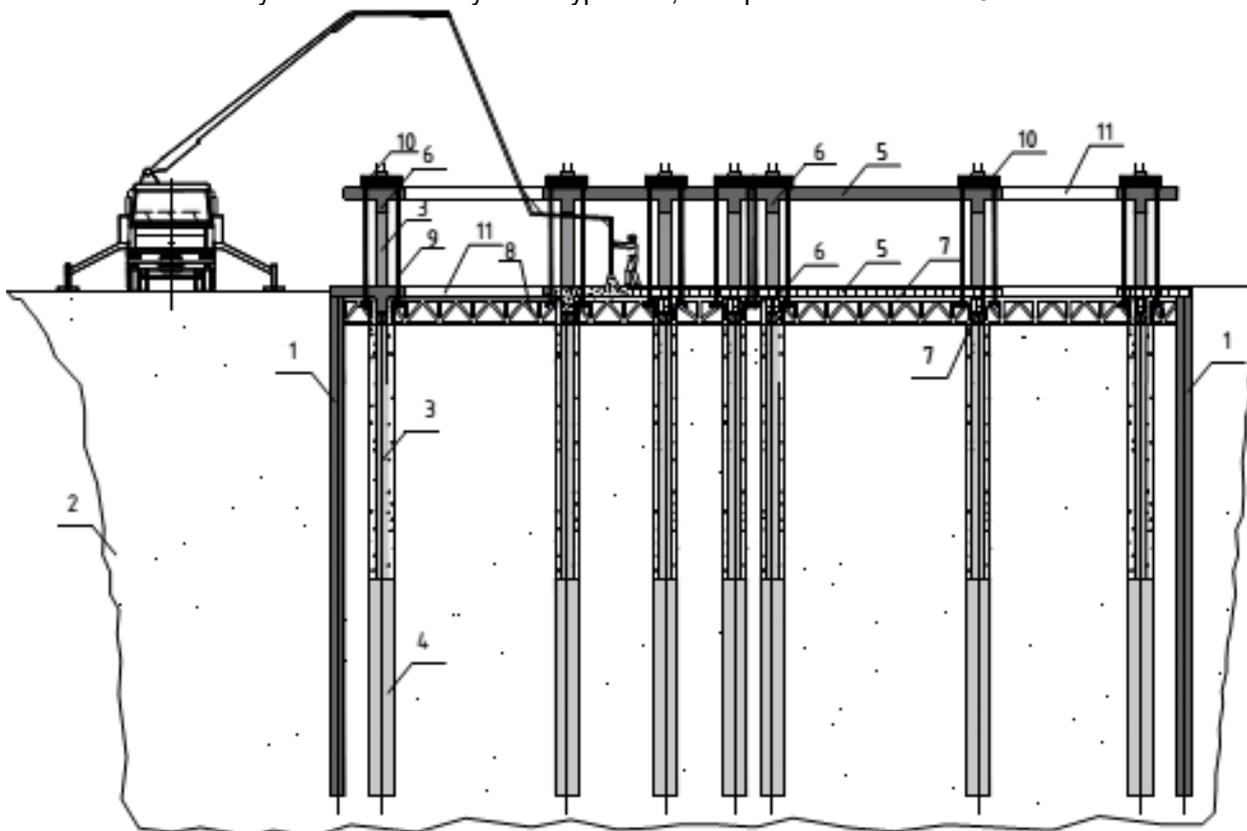
Сущность запатентованной организационно-конструктивно-технологической схемы (пат. RU №190322 U1), реализующей изложенные принципы, поясняется иллюстрационными материалами, где на Рис. 3 схематически показан этап возведения многоэтажного подземного сооружения в момент бетонирования междуэтажного перекрытия подземной части здания, на Рис. 4 – та же технология и организация работ на стадии разработки грунта под этим перекрытием. После чего следует процесс бетонирования нижеследующего междуэтажного перекрытия, а за ним наступает и завершающий этап

Shalenny, V.T.

Resource Saving Pile Columns and Slabs in Top-Down Technology;

2020; Construction of Unique Buildings and Structures; Volume 91 Article No 9105. doi: 10.18720/CUBS.90.5

возведения многоэтажной подземной части сооружения, когда демонтируются все инвентарные элементы с механизмами опускания и производится бетонирование фундаментной плиты-ростверка на дне разработанного котлована. Схемы намеренно, по причинам ограничения объема публикации, графически представляют далеко не все этапы производства работ. Например, Рис.3 иллюстрирует не начальный, а уже промежуточный этап строительства. Ему предшествовали такие технологические процессы как устройство всех подземных вертикальных конструкций, наращивание колонн в надземной их части, устройство подвесной опалубки перекрытий на системе подъёмников, устройство перекрытия первого этажа и только затем – опускание его опалубки на уровень, изображённый на Рис. 3.



**Рис. 3. Технологический процесс бетонирования верхнего перекрытия будущей подземной части многоэтажного железобетонного каркаса на нулевой отметке.**

**Fig. 3. The technological process of concreting the upper floor of the future underground part of the multi-story reinforced concrete frame at the zero mark.**

Сначала по контуру будущего сооружения предполагается устройство стен 1 в грунтовом массиве 2, а внутри этого контура возводят капитальные сваи-колонны 3 в скважинах 4 по технологии, описанной в п.3.1. Затем, на спланированном грунтовом основании, между стенами 1 и капитальными колоннами 3, необходимо собрать сквозную пространственную несущую конструкцию из раскосных ферм 8 с опалубкой 7. В неподвижном состоянии фермы 8 расклинивают между стенами 1 и капитальными колоннами 3 для восприятия распора грунта 2. В верхней части колонн 3, следует смонтировать подъёмные механизмы 10. Они предназначены для будущих сначала подъёма, а затем и опускания сквозной пространственной несущей конструкции из раскосных ферм 8 с опалубкой 7 при помощи наращиваемых подвесок 9.

Далее следует установить арматуру и произвести бетонирование самого верхнего междуэтажного перекрытия 5 с усиливающими поясами 6 и проёмами 11. После набора прочности бетоном верхнего междуэтажного перекрытия 5 можно произвести его распалубку путём опускания опалубки 7 на нижележащий уровень, как показано на Рис.3. Там же изображён процесс бетонирования междуэтажного перекрытия 5 будущей подземной части сооружения. После чего можно произвести разработку и выемку грунта 2 под забетонированным междуэтажным перекрытием 5, как показано на Рис. 4.

После набора необходимой прочности, междуэтажное перекрытие 5, вместе с усиливающими поясами 6, может полностью воспринимать распорные усилия от грунта 2. В связи с чем, сквозную инвентарную пространственную несущую конструкцию из раскосных ферм 8 с опалубкой 7, можно освободить от этих функций и, при помощи подъёмных механизмов 10 и наращиваемых подвесок 9, опускать на подготовленный нижерасположенный уровень для бетонирования ниже следующего междуэтажного перекрытия 5. Далее процесс повторяется на нижележащем горизонте.

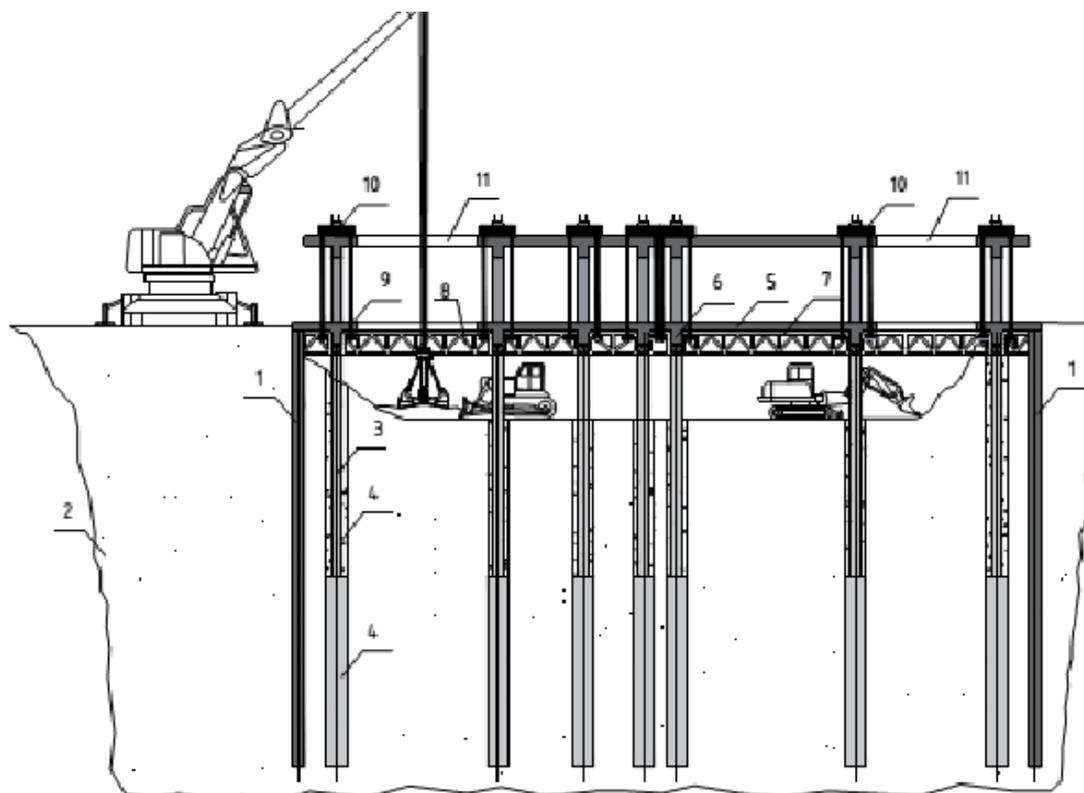


Рис. 4. Технологическая схема разработки и транспортировки грунта в пространстве будущего верхнего этажа подземной части здания.

Fig. 4. Technological scheme for the development and transportation of soil in the space of the future upper floor of the underground part of the building.

### 3.3 Оценка сравнительной эффективности внедрения предложенной разработки

Для обоснования и оценки эффективности предложенного варианта технологии подземного многоэтажного каркасного строительства по методу «сверху-вниз» со сталебетонными сваями-колоннами усовершенствованной конструкции, с участием магистра Рамазанова Сулеймана, были запроектированы две альтернативные технологические системы. В результате эскизного проектирования конструкций, технологии и организации работ по строительству трехэтажного подземного паркинга в г. Ялта определены технико-экономические показатели сравниваемых вариантов (табл. 1).

Таблица 1. Результаты технико-экономического сравнения рассмотренных вариантов возведения трехэтажного подземного паркинга методом «сверху-вниз».

Table 1. Results of the technical and economic comparison of the considered options for the construction of a three-story underground parking by the «top-down» method.

Наименование показателей	Единицы измерения	базовая технология	представленная технология
Объем железобетонных работ	м <sup>3</sup>	2809	2809
Себестоимость механизированного процесса (без стоимости материалов)	тыс. руб.	11 460	11 097
Стоимость единицы продукции	руб./м <sup>3</sup>	4090	3951
Среднее количество рабочих	чел.	11,5	21,5
Трудоёмкость на весь объем работ	чел.-дней	1370	1349
Трудоёмкость единицы продукции	чел.-ч./м <sup>3</sup>	1,14	1,11
Выработка	м <sup>3</sup> /чел.	244,26	130,6
Продолжительность работ	рабочих дней	142	137
Приведённые затраты	млн. руб.	11,808	11, 407

В результате моделирования изучаемых показателей выяснилось, что, при одном и том же их объёме, стоимость производства работ по методу «сверху-вниз» по усовершенствованной технологии ниже на 3,4%. Общая трудоёмкость также несколько снижена (всего на 1,6%), а продолжительность всего комплекса работ сокращена на 3,6%. Это объясняется тем, что предложенные ресурсосберегающие конструктивно-технологические решения свай-колонн и перекрытий позволяют обоснованно снизить трудоёмкость выполнения части изученных работ. В предложенной технологии производства работ совмещаются технологические процессы, что и ведёт к уменьшению общей продолжительности производства работ. Причём указанный экономический эффект определён без учёта экономии затрат на материалы и сокращения сроков строительства подземной части. А всеми признанное сокращение сроков возведения гражданских объектов по данному методу подтверждает и представленный в начале статьи, опыт строительства и реконструкции гражданских зданий в условиях города Санкт-Петербурга [30], [31] и Москвы [32]. В дальнейшем, при наличии реального или потенциального заказчика, аналогичные пред проектные исследования целесообразно выполнить и для рассмотренного объекта, но уже и с учетом результатов настоящей работы.

## 4 Заключение / Conclusions

Несмотря на то, что различия в технико-экономических показателях сравниваемых технологий невелики, можно сделать вывод о целесообразности выполнения дальнейших изысканий с целью уже и практического применения предложенных конструктивно-технологических решений. Ведь, если сравнивать предложенную технологию с другими технологиями многоэтажного подземного строительства, эффект будет значительно больше за счёт возможности разработки котлована без крепления, а также проведения работ в крайне стеснённых условиях большинства городских площадок. Причём в расчётах не учитывался также общепризнанный экономический эффект, связанный с безусловным сокращением сроков возведения объекта за счёт возможности возведения каркаса надземной части задолго до окончания производства работ нулевого цикла «дегельным» методом [32]. Следует учитывать также наличие действующей, уже давно продлеваемой лицензии на альтернативную технологию.

## Литература / References

1. Tan, Y., Huang, R., Kang, Z., Bin, W. Covered Semi-Top-Down Excavation of Subway Station Surrounded by Closely Spaced Buildings in Downtown Shanghai: Building Response. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. 2016. 30(6). DOI:10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000892.
2. Chan, D.W.M., Kumaraswamy, M.M. A comparative study of causes of time overruns in Hong Kong construction projects. *International Journal of Project Management*. 1997. 15(1). Pp. 55–63. DOI:10.1016/S0263-7863(96)00039-7.
3. Othman, A.A., Torrance, J.V., Hamid, M.A. Factors influencing the construction time of civil engineering projects in Malaysia. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2006. 13(5). Pp. 481–501. DOI:10.1108/09699980610690756.
4. Wong, J.Y., Yip, C.C., Mugumya, K.L., Tan, B.H., Anwar, M.P. Effectiveness of top-down construction method in Malaysia. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2019. 8(6 Special Issue 4). Pp. 386–392. DOI:10.35940/ijitee.F1078.0486S419.
5. Phutthananon, C., Jongpradist, P., Yensri, P., Jamsawang, P. Dependence of ultimate bearing capacity and failure behavior of T-shaped deep cement mixing piles on enlarged cap shape and pile strength. *Computers and Geotechnics*. 2018. 97. Pp. 27–41. DOI:10.1016/j.compgeo.2017.12.013.
6. Jamsawang, P., Voottipruex, P., Tanseng, P., Jongpradist, P., Bergado, D.T. Effectiveness of deep cement mixing walls with top-down construction for deep excavations in soft clay: case study and 3D simulation. *Acta Geotechnica*. 2019. 14(1). Pp. 225–246. DOI:10.1007/s11440-018-0660-7.
7. Hwang, R.N., Moh, Z.C. Performance of floor slabs in excavations using top-down method of construction and correction of inclinometer readings. *Journal of GeoEngineering*. 2007. 2(3). Pp. 111–121. DOI:10.6310/jog.2007.2(3).3.
8. Leong, T.K., Zakuan, N., Mat Saman, M.Z., Ariff, M.S.M., Tan, C.S. Using project performance to measure effectiveness of quality management system maintenance and practices in construction industry. *The Scientific World Journal*. 2014. 2014. Pp. 591361. DOI:10.1155/2014/591361.
9. Tuan, B.Q., Tam, N.M. Semi top-down method combined with earth-bank, an effective method for basement construction. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. 143(1).

Shalenny, V.T.

Resource Saving Pile Columns and Slabs in Top-Down Technology;

2020; *Construction of Unique Buildings and Structures*; Volume 91 Article No 9105. doi: 10.18720/CUBS.90.5

DOI:10.1088/1755-1315/143/1/012047.

10. Katitsenbakh, R., Dunayevskiy, R.A., Mulyar, D.L., Dyachenko, K.O. Stroitelstvo vysotnykh zdaniy metodom «sverkhu-vniz» [Construction of high-rise buildings by means of «top-down» method]. *Novyye tekhnologii v stroitelstve* [New technologies in construction]. 2010. 2(20). Pp. 23–28.
11. Zayats, E.I. Osoblivosti zastosovaniya metodu budivnitstva «vverkh-vniz» pid chas zvedennya visotnykh budivel [The peculiarities of the usage of the «top-down» method in the process of high-rise building construction]. *Visnik Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnitstva ta arkhitekturi* [Bulletin of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2017. 1(226). Pp. 64–69.
12. Afanasiyev, A. Deck method of erecting buildings and embedded structures in the space-limited urban environment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. 365(6). DOI:10.1088/1757-899X/365/6/062044.
13. Yurkevich, P.B. Vozvedeniye monolitnykh zhelezobetonnykh perekrytiy pri poluzakrytom sposobe stroitelstva podzemnykh sooruzheniy. [The erection of monolithic reinforced slabs under semi-closed method of building of underground constructions]. *Podzemnoye prostranstvo mira* [Underground space]. 2002. 1. Pp. 13–22.
14. Zege, S.O., Zege, I.A., Zege, N.S. Sposob vozvedeniya mnogoetazhnogo podzemnogo sooruzheniya (varianty) [The way of erection of high-rise underground structure (variants)]. Patent Russia no. 2003109468/03, 2220258, RF, MPK E02D29/00. 2013.
15. Zege, S.O., Yurkevich, P.B. Burovaya zhelezobetonnyaya kolonna i sposob yeye vozvedeniya [Reinforced drilling string and the way of its erection]. Patent Russia no. 2003116153/03, 2229557, RF, MPK E02D5/00, 5/38, 5/60, 5/66. 2004.
16. Bogvava, G.D., Sepashvili, O.D. Sposob vozvedeniya svaynogo fundamenta pod bolshiye nagruzki [The way of erection of piled foundation with heavy load]. Obshchestvo s Ogranichennoy otvetstvennostyu OOO «Tekhnokomspetsstroy» [Limited Liability Company 'Tekhnokomspetsstroy']. Patent Russia. 2009.
17. Afanasyev, A.A. Dekelnyy metod vozvedeniya zdaniy i zaglublennykh sooruzheniy v stesnennykh usloviyakh gorodskoy zastroyki [Deckle method of erecting of buildings and embedded structures in space-limited environment in urban area]. *Stroitelnyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka* [Building materials, equipment and technologies of XXI century]. 2010. 9(140). Pp. 30–33.
18. Il'ichev, V.A., Mangushev, R.A., Nikiforova, N.S. Development of underground space in large Russian cities. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2012. 49(2). Pp. 63–67. DOI:10.1007/s11204-012-9168-6. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11204-012-9168-6> (date of application: 1.08.2020).
19. Ponomaryov, A.B., Kaloshina, S. V., Zakharov, A. V., Bezgodov, M.A., Shenkman, R.I., Zolotozubov, D.G. Results of geotechnical modelling of the influence of construction of the deep foundation ditch on the existing historical building. 15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ARC 2015: New Innovations and Sustainability. 2015. Pp. 2676–2679. DOI:10.3208/jgssp.ATC19-01.
20. Ponomarev, A.B., Sychkina, E.N. Settlement Prediction of Foundations on Argillite-Like Soils (as Exemplified by the Perm' Region). *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2014. 51(3). Pp. 111–116. DOI:10.1007/s11204-014-9263-y.
21. Ponomarev, A.B., Kaloshina, S. V. Influence of slab foundations constructed in dense urban settings on settlement of existing buildings. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2013. 50(5). Pp. 194–199. DOI:10.1007/s11204-013-9233-9.
22. Gusarov, A.V., Gusarov, V.A., Kadzhaya, T.T., Selyametov, V.N., I.M., K. Sposob stroitelstva mnogoetazhnogo podzemnogo sooruzheniya s odnovremennoy razrabotkoy kotlovana [The way of construction of high-rise underground structure with simultaneous excavation]. Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennostyu "Finansovo-promyshlenn. 1999.
23. Nedviga, E., Vinogradova, N.A. Systems of prefabricated monolithic slabs. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2016. 43(4). Pp. 87–102. DOI:10.18720/CUBS.43.7. URL: <https://unistroy.spbstu.ru/article/2016.43.7> (date of application: 1.08.2020).
24. Velichkin, V.Z., Kozinets, G., Zhuvak, O., Rybakov, V., Vatin, N., Korsun, V. Precast-monolithic reinforced concrete beam-slabs technology with claydit blocks. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2018. 70(7). Pp. 43–59. DOI:10.18720/CUBS.70.4. URL: <https://unistroy.spbstu.ru/article/2018.70.4> (date of application: 1.08.2020).

Shalenny, V.T.

Resource Saving Pile Columns and Slabs in Top-Down Technology;

2020; *Construction of Unique Buildings and Structures*; Volume 91 Article No 9105. doi: 10.18720/CUBS.90.5

25. Leonenko, K., Shalenny, V. Justification of energy-saving technology of prefabricated monolithic slabs of limestone blocks. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. 982. Pp. 778–786. DOI:10.1007/978-3-030-19756-8\_74.
26. Andronov, A. V., Balakchina, O.L., Leonenko, K.A., Shalenny, V.T. Improving the manufacturability of the reinforced concrete structures production by using lightweight filling materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. 698(5). DOI:10.1088/1757-899X/698/5/055019.
27. Afanasyev, G. Replacement of floor structures in capital repair with the use of not extractable void formers. *E3S Web of Conferences*. 2019. 97. DOI:10.1051/e3sconf/20199706045.
28. Sameer, A., Manoj, K. Analytical Study Of Conventional Slab And Bubble Deck Slab Under Various Support And Loading Conditions Using Ansys Workbench 14.0 | Finite Element Method | Concrete. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 2017. 4(5). Pp. 1467–1472. URL: <https://ru.scribd.com/document/411130570/Analytical-Study-of-Conventional-Slab-an-pdf> (date of application: 1.08.2020).
29. Sopegin, G.V., Sursanov, D.N. Perspektivy primeneniya tekhnologii stroitelstva metodom «top-down» v usloviyakh goroda Permi [Prospect for the use of construction technology by the “top-down” method in the city of Perm]. *Vestnik PNIPU [Bulletin of PNIPU]. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika*. 2016. 1. Pp. 147–157. DOI:10.15593/240985125/2016.01.10.
30. Velichkin, V.Z., Vafina, D.R. Tekhnologiya TOP-DOWN pri stroitelstve i rekonstruktsii zdaniy v usloviyakh goroda Sankt-Peterburg // *Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva: doklady*. SPb. SPbGASU. 2020. Pp. 108–117.
31. Ulitsky, V., Shashkin, A., Shashkin, K., Lisyuk, M., Awwad, T. Numerical simulation of new construction projects and existing buildings and structures taking into account their deformation scheme. *ICSMGE 2017 - 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2017. 2017-September. Pp. 2061–2064.
32. Shulyat'ev, O.A., Shulyat'ev, S.O. A New Draft Code of Practice for Designing Subsoil and Footings of High-Rise Buildings. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2017. 53(6). Pp. 435–438. DOI:10.1007/s11204-017-9424-x.