

## ЗАЩИТА ПОДЗЕМНЫХ ЧАСТЕЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Бабиченко В.Я., Кирилук С.В., Дудник А.В., Черепашук Л.А., Поддубный О.А.  
Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Проблема подтопления крупных городских агломераций, а также небольших городов становится все более значимой. Хозяйственная деятельность и условия проживания населения обязательно приводят к негативному воздействию на окружающую среду, но, кроме того, данное обстоятельство, как правило, усугубляется несовершенством используемых конструкций инженерных коммуникаций и сантехнического оборудования, а также, нередко, качеством принимаемых проектных решений и выполненных работ. Кроме того, устройство различного типа дренажей и систем водоотведения довольно дорогое, в настоящее время реализуемые объемы этих работ не успевают за ростом объемов подтопления. При таком положении перспективными конструктивно-технологическими решениями подземных ограждающих стеновых конструкций являются монолитные конструкции, возводимые с применением несъемной опалубки. Стыковые соединения тонкостенных железобетонных изделий несъемной опалубки должны обеспечить не только прочностные качества, но и необходимую защиту подземных частей зданий и сооружений.

**Ключевые слова:** подземные воды, основания зданий, защита фундаментов, несъемная опалубка, торкретирование стыков.

**Постановка проблемы.** Подтопления крупных городских агломераций становится все более значимой проблемой. Хозяйственная деятельность и условия проживания населения приводят к негативному воздействию на окружающую среду. Устройство различного типа дренажей и систем водоотведения довольно дорогое, в настоящее время реализуемые объемы этих работ не успевают за ростом объемов подтопления.

**Анализ последних исследований и публикаций** ученых занимающимися вопросами защиты от воздействия подземных вод показал значимость проблемы подтопления подземных частей зданий и мероприятий направленных на ее решение.

**Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы.** Основным мероприятием по защите от воздействия грунтовых вод является осушение грунтов, для чего применяется дренаж. Для защиты отдельных подземных частей зданий и сооружений применяются гидроизоляции. Последние имеют ряд недостатков: трудоемкость работ, стоимость материалов, срок службы.

**Цель статьи.** Анализ проблемы подтопления зданий и результатов исследования конструктивно-технологических решений ограждающих стеновых конструкций, возводимых с применением несъемной опалубки, для защиты заглубленных подземных частей зданий и сооружений.

**Изложение основного материала.** В последнее время все в большей мере наблюдается тенденция к активному использованию подземного пространства для размещения комплексов городских и промышленных сооружений. Это вызвано не только дефицитом территорий для нового строительства, но и в значительной мере необходимостью обеспечения комфортности для населения, рационального решения проблем транспорта, благоустройства и улучшения окружающей среды. Практика подземной урбанистики показывает, что наиболее целесообразно использовать подземное пространство в центральных частях городов со сложившейся наземной планировкой и плотностью застройки.

Под землей можно создавать целые комплексы сооружений: гаражи, подъездные пути, транспортные и пешеходные тоннели, помещения вокзалов, подсобно-вспомогательные и складские помещения, кинотеатры, кафе, предприятия торговли, книгохранилища и др. Под землей целесообразно располагать и сооружения промышленного назначения:

электростанции, котельные, тепловые, газовые распределительные станции, цехи и технологические помещения промышленных предприятий. Особенно перспективным направлением в развитии современных городов является строительство подземных многоярусных гаражей.

Комплексы подземных сооружений в большинстве случаев возводятся в водонасыщенных грунтах, поэтому основным динамическим фактором, воздействующим на эти сооружения, является режим грунтовых вод. В свою очередь на режим грунтовых вод влияют сами подземные сооружения: они создают подпор фильтрационному потоку, в результате чего повышаются уровни грунтовых вод. Следовательно, для оценки использования подземного пространства большое значение имеет глубина залегания грунтовых вод, в зависимости от которой решаются вопросы о необходимости водопонижения, закрепления грунтов, защиты от подтопления.

Строительные конструкции, располагаемые под землей и подверженные воздействию подземных вод, можно подразделить на три группы:

- подземные сооружения, т. е. конструкции, целиком располагаемые под землей, – галереи, тоннели, шахты;
- подземные коммуникации – сети водопровода, канализации, теплоснабжения, электрические и телефонные кабели;
- подземные части зданий – подвальные помещения, фундаменты.

Основным видом подземных конструкций, имеющих значение для решения задач воздействия подземных вод, являются фундаменты. Определенное значение имеют и другие строительные конструкции. Фундаменты служат для передачи нагрузок от здания и сооружения (включая сами фундаменты) на основание – грунты [1].

В фундаментостроении принято различать грунты скальные (изверженные, метаморфические и осадочные породы) и нескальные (гравийно-галечные отложения, пески, супеси, суглинки, глины, а также илы и торфы). В зависимости от типа оснований к грунтам предъявляются соответствующие требования при проектировании фундаментов зданий и сооружений исходя из условий допустимых деформаций конструкций, возводимых на этих фундаментах.

Экономически целесообразно принимать минимально возможное заложение фундаментов, поз-

тому во многих жилых и гражданских сооружениях применяются фундаменты мелкого заложения. Глубина заложения фундамента назначается в зависимости от ряда естественных и искусственных факторов, к которым относятся геологические условия, уровни грунтовых вод, глубина сезонного промерзания и оттаивания грунтов, тип зданий и сооружений, нагрузки, действующие на основание.

Грунты обладают разной несущей способностью: наиболее прочные – скальные, наименее прочные – илы и торфы. Глинистые грунты (глины, суглинки, супеси), а также пылеватые пески при замачивании могут обладать свойством набухания (увеличиваться в объеме) или свойством просадки (уплотняться). Последнее относится в основном к лессам и лессовидным грунтам.

При рассмотрении воздействия грунтовых вод на грунты оснований следует иметь в виду, что свойства грунтов основания изменяются при застройке территорий вследствие интенсификации инфильтрационного питания, уменьшения испарения, а следовательно, увлажнения и обводнения грунтов. Воздействию воды особенно подвержены просадочные, набухающие и засоленные грунты, к которым часто приурочен первый от поверхности водоносный горизонт – грунтовые воды.

Если фундаменты или другие строительные конструкции располагаются под уровнем грунтовых вод, то их глубина (и расчетное давление) устанавливается с учетом взвешивающего действия воды. Следовательно, подтопление фундамента, трубопровода, кабельного тоннеля и пр. уменьшает несущую способность основания и поэтому при проектировании фундаментов и других строительных конструкций мелкого заложения большое значение имеет прогноз уровней грунтовых вод и распространения верховодки [1].

При больших нагрузках наземных конструкций по условиям несущей способности грунтов оснований часто приходится передавать нагрузки на прочные грунты, которые часто залегают глубоко. Для этой цели следует применять фундаменты глубокого заложения, особенно при высоком уровне грунтовых вод.

Применяющиеся в настоящее время фундаменты глубокого заложения можно подразделить на следующие виды:

- свайные фундаменты;
- фундаменты, возводимые способами «стена в грунте», опускного колодца и кессона (глубокие опоры).

Тип основания и фундамента, глубина его заложения, размер данного здания или сооружения определяются в основном гидрогеологическими и инженерно-геологическими условиями территории строительства и особенно свойствами грунтов основания.

В результате проведения инженерных изысканий могут быть получены данные, характеризующие грунты будущего основания только на момент изысканий. Эксплуатация возведенного здания или сооружения приведет к созданию условий, отличных от тех, при которых велись изыскания. Следовательно, необходимо заблаговременно оценить, как поведет себя грунт, находящийся в основании сооружения.

Особенно большие изменения претерпевают деформативные и прочностные характеристики грунтов при их замачивании, водонасыщении и осушении. Замачивание грунтов оснований происходит в основном двумя путями. Это прежде всего сверху вниз при инфильтрации утечек из различных водо-

несущих коммуникаций, водоемов и мест скопления поверхностных вод (понижений, образовавшихся из-за дефектов вертикальной планировки) и т. д. В данном случае замачивание носит локальный характер. Следовательно, возможные вследствие этого деформации грунтов оснований будут ограниченными по площади, т. е. будут носить выборочный и неравномерный характер, что особенно опасно при эксплуатации зданий и сооружений. При значительных утечках и относительно продолжительной инфильтрации часто происходит общий подъем грунтовых вод или образование на слабопроницаемых прослойках техногенных водоносных горизонтов и верховодок. В этом случае замачивание на прилегающих участках, где отсутствуют утечки, происходит снизу вверх поднимающимися грунтовыми водами или путем капиллярного подпитывания. Возникающие при этом деформации грунтов оснований будут носить неожиданный характер, поскольку они будут происходить не в местах их очевидного замачивания. Возможно замачивание грунта и двумя указанными путями одновременно.

При опускании уровня грунтовых вод и осушении грунтов оснований возникают деформации грунтов вследствие их уплотнения. В засоленных грунтах, особенно содержащих легкорастворимые соли, при подъеме грунтовых вод (насыщении грунтов) и их растекании могут возникнуть суффозионные осадки. Особенно большие деформации оснований при водонасыщении и дренировании возникают в просадочных, слабых и набухающих грунтах [1].

Основным мероприятием по защите оснований зданий и сооружений от воздействия грунтовых вод является осушение грунтов, для чего применяется дренаж. В иных случаях применяются противофильтрационные завесы и для защиты отдельных подземных частей зданий и сооружений – гидроизоляции.

В условиях все более вероятного подтопления заглубленных подземных частей зданий и сооружений наиболее перспективными конструктивно-технологическими решениями ограждающих стеновых конструкций являются монолитные конструкции, возводимые с применением несъемной опалубки.

В зависимости от функционального назначения несъемную опалубку при фундаментостроении используют не только как несущую, но и как формообразующую конструкцию, опалубку – облицовку и опалубку – изоляцию, которая защищает поверхность ограждающих стеновых конструкций от воздействия подземных вод.

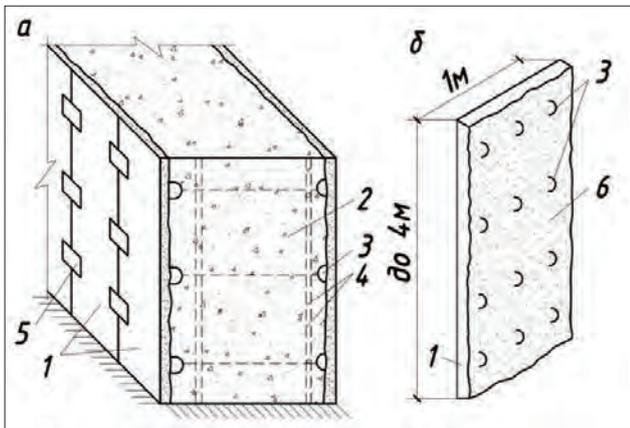
Применяемые несъемные опалубки в фундаментостроении являются одним из путей индустриализации возведения монолитных конструкций подземных частей зданий и сооружений. При этом снижаются трудозатраты и стоимость опалубочных работ приблизительно в два раза за счет исключения цикла демонтажа опалубки, а также улучшается качество монолитного строительства.

Основными преимуществами применения в фундаментостроении несъемной опалубки являются:

- замена дефицитных и дорогих материалов (стали и дерева);
- высокая степень механизации монтажа тонкостенных элементов несъемной опалубки;
- простота крепления тонкостенных элементов несъемной опалубки;
- исключение трудозатрат на распалубку;
- значительное снижение затрат на доводку поверхности монолитных конструкций;
- снижение затрат на устройство гидроизоляции [2].

Наиболее эффективно в качестве материалов несъемной опалубки в современном фундаментостроении использовать тонкостенные железобетонные изделия толщиной 60÷100 мм. При наладке изготовления элементов несъемной опалубки на приобъектном полигоне или в условиях строительной площадки значительно сокращаются трудозатраты на транспортирование элементов несъемной опалубки, исключаются повреждения хрупких тонкостенных элементов, вызванные динамическими нагрузками при их транспортировании.

Железобетонные элементы несъемной опалубки представляют собой как правило, плоские тонкостенные изделия из мелкозернистого бетона средней плотности не менее 2200 кг/м<sup>3</sup>, класса прочности бетона на сжатие С25/30÷С32/40. Несъемная опалубка входит в расчетное сечение фундаментной стеновой конструкции и должна учитываться в расчете наравне с бетоном основного сечения [2]. Соединение железобетонных изделий в несъемной опалубке друг с другом рекомендуется производить сваркой закладных деталей (рис. 1).

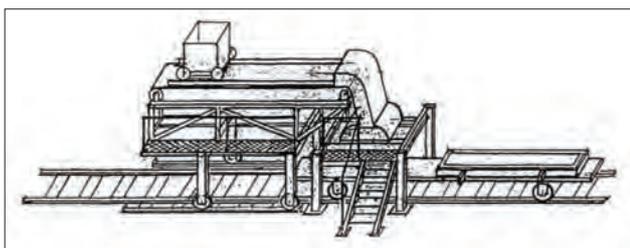


**Рис. 1. Несъемная опалубка из тонкостенных изделий:**

а – общий вид; б – плоские опалубочные плиты; 1 – опалубочная плита; 2 – бетон основной конструкции; 3 – анкерующие петли – выпуски; 4 – армокаркас основной конструкции; 5 – накладка для сварного соединения закладных деталей элементов опалубки; 6 – активная поверхность элемента несъемной опалубки.

Тонкостенные изделия из железобетона рекомендуются для устройства несъемной опалубки монолитных фундаментов под здания и технологическое оборудование, ограждающих стеновых конструкций подземной части зданий и сооружений, стен насосных станций и опускных колодцев, тоннелей и т.п. [2].

Эффективные тонкостенные изделия из железобетона для несъемной опалубки монолитных фундаментов уже сегодня находят все более широкое



**Рис. 2. Схема одного из вариантов мобильного комплекта технологического оборудования для изготовления тонкостенных элементов**

применение при их изготовлении в условиях строительной площадки по новой технологии бетонирования, позволяющей путем использования нового технологического оборудования в виде эластичных метательных устройств (рис. 2) получать в тонкостенных изделиях плотные и прочные мелкозернистые бетоны [3].

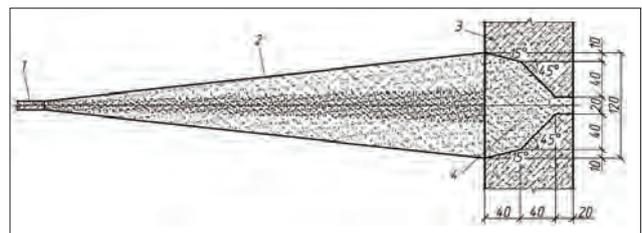
Использование высокоплотных тонкостенных железобетонных изделий позволяет обеспечить надежную гидроизоляцию стеновых ограждающих конструкций подземных частей зданий и сооружений только в тех случаях, когда решена проблема технологии устройства надежных стыковых соединений тонкостенных элементов несъемной опалубки.

Далее с учетом технологических особенностей способа замоноличивания надо было разработать конструктивно-технологические решения стыковых соединений тонкостенных железобетонных изделий, которые должны обеспечить не только прочностные качества мелкозернистого бетона в полости стыка, но и необходимую прочность контакта (сцепления) бетона замоноличивания с бетонными поверхностями стыкуемых железобетонных элементов несъемной опалубки.

Конструктивно-технологические решения стыков тонкостенных железобетонных элементов несъемной опалубки находятся в зависимости от технологических особенностей способа укладки и уплотнения мелкозернистой бетонной смеси в полости стыка, то есть от технологических особенностей способа мокрого торкретирования.

При разработке новых конструктивно-технологических решений стыков тонкостенных железобетонных элементов несъемной опалубки в ограждающих стеновых конструкциях под замоноличивания их способом мокрого торкретирования должны обеспечиваться следующие условия: свободный выход сжатого воздуха из полости стыка при торкретировании; необходимое сцепление бетона замоноличивания с поверхностью тонкостенных железобетонных элементов; необходимая прочность и плотность бетона замоноличивания в полости стыка [4].

Была разработана форма стыка между тонкостенными железобетонными элементами несъемной опалубки. Тонкостенные железобетонные элементы располагаются на расстоянии 20 мм друг от друга. Половина дальнейшей поверхности стыка длиной 40 мм имеет наклон под углом 45° по обеспечению наилучших условий для формирования плотной структуры торкрета в полости стыка. Вторая половина поверхности стыка имеет боковые грани расположены под углом 15° для свободного выхода сжатого воздуха из полости стыка в процессе его торкретирования (рис. 3).



**Рис. 3. Форма стыка несъемной железобетонной опалубки при их замоноличивании способом мокрого торкретирования:**

1 – сопло; 2 – струя торкрета; 3 – тонкостенный железобетонный элемент несъемной опалубки; 4 – полость стыка тонкостенных железобетонных элементов, которая заполнена мелкозернистым бетоном.

Совершенствование технологии устройства несъемной опалубки из тонкостенных железобетонных элементов заключается в разработке новых конструктивно-технологических решений стыковых соединений тонкостенных железобетонных элементов несъемной опалубки подземных частей зданий и сооружений, которые должны не только обеспечивать необходимые физико-механические свойства бетона замоноличивания в полости стыка, в том числе и на контакте старого и нового бетонов, но и создавать необходимые условия для использования способа мокрого торкретирования.

**Выводы и предложения.** Таким образом, для развития современного фундаментостроения и

защиты подземных частей зданий и сооружений разработаны и предложены к производственной реализации новые конструктивно-технологические решения ограждающих конструкций с использованием тонкостенных элементов в качестве несъемной опалубки, выполняющих несущие и специальные функции по гидроизоляции и облицовке.

Новые конструктивно-технологические решения ограждающих конструкций с использованием тонкостенных элементов в качестве несъемной опалубки позволяют активно использовать подземное пространство для размещения комплексов городских и промышленных сооружений, которые подвержены воздействию подземных вод.

#### Список літератури:

1. Защита оснований зданий и сооружений от воздействия подземных вод / Б.М. Дегтярев, Е.С. Дзекцер, А.Ж. Мухтанов. – М.: Стройиздат, 1985. – 264 с.
2. Руководство по конструкциям опалубок и производству опалубочных работ / ЦНИИОМТП. – М.: Стройиздат, 1983. – 501 с.
3. Бабиченко В.Я. Пошук ефективного армування тонкостінних бетонних виробів при їх виготовленні за допомогою еластичних металевих пристроїв / В.Я. Бабиченко, І.К. Бічев, В.І. Данелюк, О.М. Шідловський, О.О. Піддубний // Будівництво в сейсмічних районах України: Зб. наук. праць. – К.: ДП НДІБК, 2012. – Вип. 76. – С. 589-595.
4. Бабиченко В.Я. Удосконалена технологія улаштування незнімної опалубки із тонкостінних залізобетонних елементів / В.Я. Бабиченко, С.В. Кирилук, Черепашук Л.А. // Будівельні матеріали та виробництво. – 2015. – № 1. – С. 12-13.

**Бабиченко В.Я., Кирилук С.В., Дудник Г.В., Черепашук Л.А., Піддубний О.О.**  
Одеська державна академія будівництва та архітектури

## ЗАХИСТ ПІДЗЕМНИХ ЧАСТИН БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ВІД ВПЛИВУ ПІДЗЕМНИХ ВОД

#### Анотація

Проблема підтоплення великих міських агломерацій, а також невеликих міст стає все більш значущою. Господарська діяльність та умови проживання населення обов'язково призводять до негативного впливу на навколишнє середовище, але, крім того, дана обставина, як правило, посилюється недосконалістю використовуваних конструкцій інженерних комунікацій і сантехнічного обладнання, а також, нерідко, якістю прийнятих проектних рішень і виконаних робіт. Крім того, використання різного типу дренажів та систем водовідведення досить дороге, в даний час обсяги цих робіт не встигають за зростанням обсягів підтоплення. При такому положенні перспективними конструктивно-технологічними рішеннями підземних огорожувальних стінових конструкцій є монолітні конструкції, що зводяться із застосуванням незнімної опалубки. Стикові з'єднання тонкостінних залізобетонних виробів незнімної опалубки повинні забезпечити не тільки міцності якості, а й необхідний захист підземних частин будівель та споруд.

**Ключові слова:** підземні води, основи будівель, захист фундаментів, незнімна опалубка, торкретування стиків.

**Babichenko V.Y., Kyrylyuk S.V., Dudnik A.V., Cherepashchuk L.A., Poddubnyi O.A.**  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

## SECURITY UNDERGROUND PARTS BUILDINGS AND STRUCTURES IMPACT FROM UNDERGROUND WATER

#### Summary

The problem of flooding of large urban agglomerations and towns is becoming increasingly important. Economic activities and the living conditions of the population necessarily lead to a negative impact on the environment, but, in addition, this fact, as a rule, compounded by imperfections constructs used utilities and plumbing, as well as, often, the quality of the design decisions and the work done. In addition, the device of various types of drainage and sewage systems is quite expensive, is currently conducted volumes of this work do not have time for the growth of flooding. In this situation, promising structural and technological solutions protecting underground wall structures are monolithic structures constructed using permanent formwork. Butt joints of thin-walled concrete products permanent formwork must provide not only a quality of strength, but also the necessary protection of underground parts of buildings.

**Keywords:** groundwater, foundation of buildings, protection of foundations, permanent formwork, concrete spraying joints.