

УДК 624.155

**А. М. ЮГОВ, Н. С. НОВИКОВ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ЧАСТЕЙ ЗДАНИЙ**

В статье выполнен обзор и анализ аварийных ситуаций, происходящих при устройстве котлованов. Технологические сведения для возведения подземных частей зданий находятся на начальном этапе. К ним относятся отсутствие практического опыта при проектировании и производстве работ по монтажу системы крепления котлованов и выемка грунта, невысокая квалификация подрядчиков, низкое качество специального оборудования для производства работ, отсутствие стандартов и норм для проектирования и оценки качества работ.

**аварийные ситуации, подземная часть зданий, ограждения котлована, анкерная подпорная стена, грунтовые воды, осадка стен**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Устройство глубоких котлованов в крупных городах за последнее десятилетие приняло массовый характер. При возведении подземных частей зданий всё чаще и чаще приходится слышать сообщения о различных аварийных ситуациях, происходящих при устройстве котлованов. Публикации, посвящённые аварийным ситуациям при подземном строительстве, редки даже в профессиональных изданиях, что, естественно, имеет свои этические и экономические причины.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Отсутствие достаточного опыта при строительстве подземных частей зданий является заметной угрозой для безаварийного строительства. При проектировании обязательным должно стать изучение опыта строительства схожих объектов. Вопросам аварийных ситуаций при возведении подземных частей зданий посвящены труды многих известных учёных и инженеров: А. А. Афанасьева, И. В. Колыбина, В. А. Ильичёв.

### **ЦЕЛИ**

На основании анализа наиболее часто повторяющихся составляющих причин обрушений котлованов сформулировать некоторые рекомендации по обеспечению безаварийного строительства.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

Обеспечение устойчивости ограждений котлованов и ограничение их влияния на окружающую среду является, как правило, самой важной целью при проектировании и возведении подземных частей зданий.

Возведение здания с 1–3 подземными этажами с глубиной < 12 м, является новой областью проектирования, технологии и организации производства работ.

Практика строительства показывает, что технология возведения подземной части неразрывно связана с технологией разработки грунта в котловане, геологическими и гидрогеологическими условиями строительства, а также организациями по деформациям окружающего грунтового массива, которые накладываются принятой системой безопасности для сохранения близлежащих существующих зданий [1].

Рассмотрим несколько случаев существенных аварий, что произошли за последний период во время строительства объектов в стеснённых условиях в г. Минске.

*Авария на котловане КДВУ возле Фрунзенского райисполкома*

Для ограждения этого котлована были применены траншейные стены, а в торцевой части со стороны Кальварийского кладбища использовано сочетание одной секции траншейной стены со свайно-балочным креплением между нею и боковыми стенами, устойчивость которых при вскрытии котлована обеспечивали расстрелы из стальных труб. Перед завершением раскопки котлована возник оползень в его торце с обрушением секции траншейной стены вместе со сваями-опорами из двутавровых балок и деревянной затяжкой (рис. 1). Эти балки и трубчатые расстрелы были сильно повреждены, а находящиеся внизу вагонетки засыпаны грунтом. К счастью, обошлось без жертв.



**Рисунок 1** – Котлован КДВУ после аварии.

На возникновение данной аварии повлияли следующие факторы:

- нарушение технологических регламентов приготовления глинистой суспензии с возникновением густого осадка на дне траншей и недостаточной глубины заземления стен ниже дна котлована;
- интенсивная откачка из котлована воды, скопившейся при продолжительных дождях над близко расположенным водоупором из глинистого грунта, создала большую разницу ее уровней вне и внутри котлована, а мощный фильтрационный поток привел к развитию оползня.

Этот случай является ярким свидетельством недооценки особенностей грунтовых напластований и воздействия фильтрационных сил на грунт и ограждения котлованов. Сказались также просчеты проектировщиков со строителями и несовершенство действовавших нормативных документов и содержащихся в них методов расчета.

*Авария на гаражах АО «Атлант»*

Фильтрационные силы могут воздействовать на ограждения за счет поступления в грунт воды, включая поверхностные стоки при обильных атмосферных осадках. Об этом свидетельствует авария с обрушением пяти секций за анкеренной подпорной стены по пер. Ольшевского (рис. 2) при строительстве многоэтажного корпуса гаражей ПО «Атлант».

Эту аварию обусловили многие факторы риска, главным образом нарушение технологической дисциплины:

- несоблюдение регламентов приготовления глинистой суспензии с возникновением осадка из глинистых фракций и песка на дне траншей не позволило забетонировать секции на всю проектную глубину и привело к недостаточному их заземлению ниже дна котлована;
- низкое качество бетонирования стен литыми бетонными смесями без их вибрационной подводной укладки в траншеи с зазорами в сопряжениях между секциями (рис. 2д);
- неверный способ проходки наклонных скважин в песке без крепления обсадными трубами и несоосное расположение анкерных тяг понизу наклонных скважин с обрушением песка при бурении шнеками не обеспечили должной связи цементного камня с тягами, которые смогли легко выдернуться при натяжении отдельных анкеров;
- неуправляемая инъекция раствора при устройстве анкеров;
- отсутствие подтверждения работоспособности анкеров без выполнения их пробных, контрольных и приемочных испытаний;



**Рисунок 2** – Элементы подпорной стены после аварии: а) общий вид котлована; б) зона обрушения; в) обрушившаяся секция; г) канализационный люк возле зоны обрушения; д) дефекты бетонирования секций траншейных стен; е) суффозионная полость в зазоре между секциями.

- поверхностные стоки и утечки воды из смежных подземных коммуникаций по тонким глинистым пропласткам при их наклоне к стене и вдоль нее по уклону рельефа (пренебрежение характером грунтовых напластований) создали фильтрационный напор на обрушившиеся секции стены с размывом полостей возле отдельных секций (рис. 2е);
  - дополнительное боковое давление грунта на стену вследствие невыполненной согласно проекту планировки со срезкой поверхностного слоя (рис. 2а и 2г);
  - принятое заказчиком и генеральным проектировщиком ошибочное решение об увеличении глубины котлована около подпорной стены снизило ее устойчивость, несмотря на заложенный в проекте запас несущей способности предварительно напряженных буроинъекционных анкеров;
  - отсутствие монолитного железобетонного обвязочного пояса поверху секций траншейной стены не обеспечило их взаимодействие при возникновении локальной потери устойчивости отдельных секций;
  - устроенные трубчатые подкосы с упором в верхней части стен между ярусами анкеров (рис. 2а) не предотвращали их поворота при недостаточном заземлении внизу секций с погруженными в шлам не забетонированными арматурными каркасами.
- Только благодаря умелым действиям прораба, обратившего внимание на высыпание песка между стержнями арматурных каркасов у раскопанных секций без заземления ниже дна котлована и своевременно удалившего рабочих и механизмы из опасной зоны, обошлось без человеческих жертв.

Авария на циркуляционной насосной станции Минской ТЭЦ-5 произошла, к счастью, также без человеческих жертв. Здесь возникло обрушение пяти и наклон восьми секций монолитных траншейных стен, которые имели с обеих сторон практически одинаковый уровень грунта (рис. 3).



**Рисунок 3** – Конструкции циркуляционной насосной станции после обрушения секций её торцевой стены: а) общий вид станции после аварии; б) участок обрушений секций; в) элемент торцевой стены в угловой части; г) фрагмент зоны деформации на стыке секций.

Основным фактором возникновения аварии послужил мощный напор воды, не принятый во внимание проектировщиками и строителями из-за несовершенства существующих нормативных документов, в которых расчеты не учитывали воздействие фильтрационных сил на сооружение. Неудачной была замена буроинъекционных анкеров на плитные в открытом снаружи котловане с водоотливом посредством двух ярусов иглофильтров вдоль боковых стен и одного в торце (рис. 3б), возле которого не выполнили откачку воды из трех глубоких скважин.

Неэффективная работа иглофильтров при их погружении в слои песка и глинистого грунта привела к перегоранию единственного насоса на одной ветви коллектора возле торцевой стены с последовавшим резким подъемом воды, взвешиванием и разжижением песка. Уклон водоупора по направлению от циркуляционных насосов к торцевой стене создал на нее опасный градиент напора подземной воды. Положение усугубил и привел к аварии открытый водоотлив во внутреннем пространстве между стенами, который чрезмерно увеличил этот поток и давление на стены.

Помимо просчетов проектировщиков и строителей сказалась также неполнота информации об инженерно-геологическом строении грунтового массива. В зоне обрушившихся секций была не выявленная изысканиями промоина в морене, где еще при отрывке возникал шлам на дне траншей с уменьшением глубины защемления секций без возможности бетонирования на всю их глубину. Наклон восьми смежных секций примерно до  $30^\circ$  возник от мгновенного взвешивания и разжижения песка с последующим прекращением процесса благодаря оседанию песка и наличию достаточного

защемления забетонированных полностью секций стены ниже поверхности грунта. Наклонившиеся секции торцевой стены потянули за собой смежные возле угла и вызвали их существенные деформации (рис. 3 в, г). Эти секции плавно уложили за счет направленных взрывов зарядов ВВ в предварительно высверленные отверстия в бетоне. Затем их использовали в качестве горизонтальных армирующих элементов возле стен при засышке грунта, в котором по нашим рекомендациям применили также слои из смеси песка с цементом до 10 %, что существенно снизило боковое давление грунта. В итоге всех предпринятых мероприятий объем станции был уменьшен.

Приведенные примеры свидетельствуют, что причинами аварии являются ошибки при проектировании и невысокое качество выполнения работ на стройплощадке.

Таким образом, причины, приводящие к аварийным ситуациям в течение времени возведения подземной части зданий, состоят из:

1. Ошибок при проектировании ограждений котлованов и системы крепления:
  - отсутствие стандартов и норм по проектированию ограждений котлованов и системы крепления как основы для проектирования;
  - большинство проектов выполняется подрядчиками, не имеющими достаточного опыта и квалификации, что приводит к неизбежным ошибкам;
  - проектировщики не учитывают критические ситуации, связанные с гидрогеологическими условиями площади, климатической особенностью и наличием плотной застройки;
  - отсутствие необходимых расчетных программ и малый практический опыт проектировщиков.
2. Ошибок при осуществлении технологии производства работ на стройках, которые отражаются от следующих факторов:
  - квалификации инженеров-строителей. Малый практический опыт инженеров-строителей, что обусловлено, приводит неизбежно к серьезным ошибкам при производстве работ. Следует отметить, что отсутствие учебных пособий в институте, а также специальных книг, которые затрагивают эту проблему, не позволяет донести передовой опыт и технологию производства работ. Для зданий, подземная часть которых возводится иностранными фирмами, отечественные инженеры не принимают непосредственное участие в процессах проектирования и производства работ. Практический опыт и технологию возведения они получают только по книгам, журналам и при наблюдении на стройплощадке;
  - квалификации строительных рабочих. Из-за отсутствия необходимых знаний, а также практического опыта при возведении подземных частей зданий квалификация рабочих не отвечает необходимым требованиям. Практика на стройке показывает, что отклонение от проектных решений и не соблюдение технологии производства земляных и монтажных работ является распространенными явлениями на стройках;
  - специального оборудования для возведения подземной части. Современные технологии возведения подземных частей зданий требуют использования специальных машин и механизмов, которые отсутствуют на строительном рынке производства. К ним относятся земляные малогабаритные машины, механизмы и оборудование для устройства ограждающих стен и грунтовых анкеров и др. Это оборудование принадлежит иностранным фирмам.
  - отсутствию необходимых исследований в области стандартизации элементов временного крепления котлованов, расчетных баз, технологий производства работ, обеспечивающих заданный уровень надежности конструктивных решений, приводит к возникновению нестандартных ситуаций с аварийными последствиями.

Анализ технических решений и технологий производства работ выявил ряд недостатков, существенно влияющих на надежность, устойчивость и водонепроницаемость ограждающих стен котлованов.

Установлено следующие отклонения от технологии производства работ, приводящие к аварийным ситуациям:

- потеря устойчивости расстрелов приводит к деформациям ограждений, интенсивному притоку подземных вод, нарушению геометрии стен;
- сильный приток грунтовых вод через стенные стыки и днище;
- дополнительные осадки стен и появление трещин, потеря устойчивости прилегающих зданий.

Можно сказать, что технологические сведения для возведения подземных частей зданий находятся на начальном этапе. К ним относятся отсутствие практического опыта при проектировании и производстве работ по монтажу системы крепления котлованов и выемка грунта, невысокая квалификация подрядчиков, низкое качество специального оборудования для производства работ, отсутствие стандартов и норм для проектирования и оценки качества работ [3].

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что ненадлежащее качество строительных работ при возведении подземных частей зданий, а также отступления от проекта и нарушение требуемой последовательности выполнения работ являются прямыми причинами многих случившихся аварий. Помочь избежать этого должно привлечение к работам только квалифицированных подрядчиков, а также выполнение на строительной площадке регулярного технического и авторского надзора заказчиком и авторского надзора проектировщиком.

К задачам заказчиков должны относиться квалифицированная оценка степени рисков при подземном строительстве, обеспечение эффективного взаимодействия между всеми участниками проекта и проведение независимой геотехнической экспертизы проектных решений. Минимизировать вероятность аварийных случаев при строительстве котлованов позволяет только комплексный подход к обеспечению безопасности строительства.

## ВЫВОДЫ

Аварии всегда страшны. Их обсуждение всегда дискомфортно с многих точек зрения. Однако произошедшие трагедии и неприятности необходимо изучать для того, чтобы их негативный опыт служил базой для предупреждения подобного в будущем. Более широкое освещение аварийных случаев в технических публикациях и их обсуждение, на наш взгляд, необходимо геотехническому сообществу и должно являться основой для возможного совершенствования нормативной базы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування [Текст]. – Введено вперше зі скасуванням на території України СНиП 2.02.01-83 ; чинні від 01.07.2009. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 104 с.
2. Геотехнические проблемы строительства ТРК «Манежная площадь» [Текст] / В. А. Ильичёв, В. П. Петрухин, И. В. Колыбин [и др.] // НИИОСП им. Н. М. Герсеева – 70 лет. Труды института / НИИОСП им. Н. М. Герсеева. – М. : НИИОСП им. Н. М. Герсеева, 2001. – С. 31–38.
3. Колыбин, И. В. Подземные сооружения и котлованы в городских условиях – опыт последнего десятилетия [Электронный ресурс] / И. В. Колыбин. – М. : [б. и.], 2007. – 38 с. – режим доступа : <http://www.eccpf.com/upload/publikazii/Podzemnye%20sooruzhenija%20i%20kotlovany%20v%20gorodskikh%20usloviyakh.pdf>. – Загл. с экрана.
4. Петрухин, В. П. Опыт проектирования и мониторинга подземной части Турецкого торгового центра [Текст] / В. П. Петрухин, О. А. Шулятьев, О. А. Мозгачёва // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2004. – № 5. – С. 2–8.
5. Руководство по проектированию подпорных стен сооружений и противофильтрационных завес, устраиваемых способом «стена в грунте» [Текст] / НИИОСП им. Н. М. Герсеева. – М. : Стройиздат, 1977. – 129 с.

Получено 05.09.2014

А. М. ЮГОВ, М. С. НОВИКОВ

### АНАЛІЗ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ ЗВЕДЕННІ ПІДЗЕМНИХ ЧАСТИН БУДІВЕЛЬ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті виконано огляд і аналіз аварійних ситуацій, що відбуваються при влаштуванні котлованів. Технологічні відомості для зведення підземних частин будівель знаходяться на початковому етапі. До них відносяться відсутність практичного досвіду при проектуванні і виробництві робіт з монтажу системи кріплення котлованів і виїмка ґрунту, невисока кваліфікація підрядників, низька якість спеціального обладнання для виробництва робіт, відсутність стандартів і норм для проектування і оцінки якості робіт.

**аварійні ситуації, підземна частина будівель, огороження котловану, анкерна підпірна стіна, ґрунтові води, осадки стін**

ANATOLIY YUGOV, NYKYTA NOVYKOV  
ANALYSIS OF ACCIDENTS DURING THE CONSTRUCTION OF  
UNDERGROUND PARTS OF BUILDINGS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

This article gives an overview and analysis of accidents occurring in the pits. Technological information for the construction of underground parts of buildings are at an early stage. They include the lack of practical experience in the design and manufacture of installation mounting system pits and excavation, low qualification of contractors, poor quality of special equipment for production work, the lack of standards and norms for the design and evaluation of the quality of work.

**emergency, the underground part of buildings, fence excavation, anchor retaining wall, ground water, precipitation of the walls**

**Югов Анатолий Михайлович** – доктор технічних наук, професор кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: технічна діагностика, моніторинг і оцінка технічного стану конструкцій будівель і споруд, технологія монтажу і розрахунки на монтажні стани конструкцій будівель і споруд, реконструкція будівель і споруд, системи управління якістю.

**Новиков Микита Сергійович** – аспірант кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: будівництво в обмежених умовах, технологія зведення підземних частин будівель на основі огорожі «стіна в ґрунті», розробка ґрунту в котлованах.

**Югов Анатолий Михайлович** – доктор технических наук, профессор кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: техническая диагностика, мониторинг и оценка технического состояния конструкций зданий и сооружений, технология монтажа и расчеты на монтажные состояния конструкций зданий и сооружений, реконструкция зданий и сооружений, системы управления качеством.

**Новиков Никита Сергеевич** – аспирант кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: строительство в теснённых условиях, технология возведение подземных частей зданий на основе ограждения «стена в грунте», разработка грунта в котлованах.

**Yugov Anatoliy** – DSc (Eng.), Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technical diagnostics, monitoring and estimation of the technical being of constructions of buildings and buildings, technology of editing and calculations on the assembling being of constructions of buildings and buildings, reconstruction of buildings and buildings, control system by quality.

**Novykov Nykyta** – post-graduate, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: construction in cramped conditions, technology, the construction of underground parts of buildings on the basis of the fence «wall», the development of the soil in the pits.