

УДК 624.155

А. М. ЮГОВ, Н. С. НОВИКОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

БЕЗОПАСНЫЕ РЕШЕНИЯ УКРЕПЛЕНИЯ ОГРАЖДЕНИЯ СТенок КОТЛОВАНОВ

В статье выполнен обзор и анализ обеспечения устойчивости ограждений котлованов и ограничение их влияния на окружающую среду. Выбор оптимального способа по устройству ограждающих стен требует рассмотрения многих вариантов, чтобы сохранить прилегающие здания (сооружения) и окружающую экологию.

ограждение из металлических элементов с забиркой, шпунтовые ограждения, ультракомпозитный профиль, монолитная «стена в грунте», буросекционные сваи

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Устройство глубоких котлованов в крупных городах за последнее десятилетие приняло массовый характер. Использование способов креплений может сопровождаться негативным воздействием, вызывающим дополнительные осадки на существующие здания, расположенные в непосредственной близости от места возведения строящегося здания. Выбор типа ограждения котлованов, способа его крепления и технологической последовательности работ в котловане должен быть продуман и взаимно увязан.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Отсутствие достаточного опыта при укреплении ограждения стенок котлованов является заметной угрозой для безаварийного строительства. Вопросам безопасного укрепления ограждения стенок котлованов посвящены труды многих известных учёных и инженеров: А. А. Афанасьева, И. В. Колыбина, В. А. Ильичёва.

ЦЕЛИ

На основании анализа критериев технологических решений устройства котлованов найти более рациональный тип ограждения стенок котлованов, обеспечивающий сохранность существующих зданий, сооружений и их оборудования путем предотвращения появления значительных осадок грунтового основания, а также выполнения условий охраны окружающей среды во время производства работ.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Строительство подземных сооружений в условиях города, когда строительная площадка стеснена и ограничена зданиями и сооружениями, подземными коммуникациями, дорогами и объектами благоустройства, должно выполняться не только с учётом требований строительных норм и правил к надёжности строящихся объектов, но также с учётом требований минимизации влияния на существующие строения и геологическую среду. В стеснённых условиях в подавляющем большинстве случаев котлованы проектируются с использованием ограждающих конструкций, позволяющих достигать указанные цели [4, 5].

Рассмотрим 5 типов ограждения стенок котлованов.

1 тип: *Ограждение из металлических элементов с забиркой.*

Данный тип ограждения представляет с собой устройство ограждения из вертикальных стальных элементов, погружаемых в грунт по контуру котлована. По мере разработки грунта в котловане между металлическими элементами устанавливается забирка из деревянных досок или стального листа, препятствующая осыпанию грунта в котлован. В качестве несущих стальных элементов используют трубы или двутавры, которые погружают в пробуренные лидерные скважины или задавливают [1].

2 тип: *Шпунтовые ограждения котлованов на основе стального профиля.*

Данный тип ограждения представляет собой стальные профили U-, Z – образного поперечного сечения или плоские, снабженные замковыми захватами по краям, позволяющими фиксировать один элемент относительно другого в вертикальном положении. Наибольшее распространение получили U – образные шпунты типа «Ларсен». Установка шпунта в грунт осуществляется обычно вибропогружением [2].

3 тип: *Шпунтовые ограждения котлованов на основе ультракомпозитного профиля.*

Помимо описанной технологии устройства шпунтового ограждения на основе металлического профиля, применяют также совершенно новую серию шпунтового ограждения из ультракомпозитного материала.

Применение шпунтового ограждения из композитного профиля имеет те же преимущества, что и шпунтовые ограждения из металлического профиля, но существенно выигрывая по цене.

4 тип: *Ограждение на основе способа монолитная «стена в грунте»*

Данный тип ограждения предполагает устройство в грунте с помощью специального оборудования узкой траншеи требуемой глубины, устойчивость стенок которой обеспечивается специальными тиксотропными растворами из бентонитовых глин. Траншеи разрабатываются отдельными захватками, длина которых в плане соответствует размерам навесного оборудования и составляет обычно от 2,2 до 3,0 м. Захватки отделяются друг от друга инвентарными ограничителями, извлекаемыми до начала бетонирования примыкающей захватки. После того как экскавация захватки доводится до проектной отметки, в нее погружается пространственный арматурный каркас. Далее в траншею погружается бетонолитная труба, в которую подается бетонная смесь, вытесняющая на поверхность находившийся в захватке бентонитовый раствор. Таким образом, бетонирование осуществляется снизу-вверх в процессе подъема бетонолитной трубы. После набора необходимой прочности бетона начинается устройство соседней захватки.

5 тип: *Ограждение котлована из буросекущихся свай.*

Данный тип ограждения может быть выполнен из отдельно стоящих или касательных буровых свай. Для устройства тела свай применяются различные технологии, наиболее распространенной из которых является бурение грунта под защитой инвентарной обсадной трубы, бетонирование скважины с помощью поднимаемой бетонолитной трубы, погружение в несхватившийся бетон арматурного каркаса. Для устройства ограждений котлованов, как правило, применяются секущиеся сваи меньших диаметров.

На основе вышеизложенного был проведен качественный анализ пяти основных вышеупомянутых технологий ограждения котлована: ограждение из металлических элементов с забиркой; шпунтовые ограждения котлованов на основе стального профиля; шпунтовые ограждения котлованов на основе ультракомпозитного профиля; ограждение на основе способа монолитная «стена в грунте»; ограждение котлована из буросекущихся свай.

Для предварительного анализа технологических решений строительства подземных сооружений, наиболее приемлемых в условиях плотной городской застройки, приняты следующие критерии, позволяющие выбрать методы, обеспечивающие сохранность существующих зданий, сооружений и их оборудования путем предотвращения появления значительных осадок грунтового основания, а также выполнения условий охраны окружающей среды во время производства работ [3].

K1 – степень уменьшения влияния технологических процессов на деформации грунта – свойство определяющее уровень воздействия грунтового массива в период опускания на существующие здания и сооружения. Деформации появляются вследствие действия сил трения грунта или его давления. Величина их зависит от вида и состояния грунта, вертикальной нагрузки на окружающую поверхность, перемещений конструкции, а также показателей шероховатости их наружной поверхности.

K2 – экономическая эффективность конструктивно-технологических решений – показатель, обеспечивающий возведение рационального варианта подземного сооружения при наименьших затратах. Экономическая эффективность определяется с учетом составляющих компонентов финансовых затрат (оплата труда рабочих, стоимость материалов, стоимость машино-смен), а также трудоемкости и продолжительности строительных работ.

К3 – показатель шума – критерий, определяющий уровень шума звука, вызванного производством работ. Допускаемая величина шума в период 8-часового рабочего дня с учетом защиты слухового аппарата человека находятся на уровне 85 дБ.

К4 – показатель колебаний – фактор, определяющий появление колебания вибраций вызванных механической энергией, передаваемой работающими машинами на существующие здания, а также их людей.

К5 – показатель качества производства работ – определяющий степень точности выполнения строительных работ. Оценивается на основе качества выполненных работ путем оценки степени соответствия реальных характеристик производства проектным характеристикам, заложенным в проекте и технических условиях на приемку выполненных работ.

В представленных ниже таблицах проведена оценка приведенных технологических решений по установленным критериям. Оценка представлена в балльной системе от 1 до 5, где оценка 1 обозначает наименее пригодное решение, а 5 – решение наиболее эффективное.

К1 – уровень уменьшения влияния технологических процессов на деформации грунта

Деформации появляются вследствие сил трения грунта или его давления. Величина их зависит от вида и состояния грунта, вертикальной нагрузки на окружающую поверхность и перемещений конструкции.

Таблица 1 – Оценка решений с учетом критерия К1 – уровень уменьшения влияния технологических процессов на деформации грунта

№ п/п	Вариант	Оценка	Обоснование
1	Ограждение из металлических элементов с забиркой	3	закономерные деформации грунта в процессе погружения сооружения
2	Шпунтовые ограждения котлованов на основе стального профиля	4	шпунтовое ограждение подвергается деформациям
3	Шпунтовые ограждения котлованов из ультракомпозитного материала	4	шпунтовое ограждение подвергается деформациям.
4	Способ стены в грунте	5	отсутствие деформации окружающего массива грунта
5	Ограждение котлована из буросекущихся свай	3	закономерные деформации грунта в процессе погружения сооружения

К2 – экономическая эффективность конструктивно-технологических решений

Экономическая эффективность определяется с учетом составляющих компонентов финансовых затрат (оплата труда рабочих, стоимость материалов, стоимость машино-смен), а также трудоемкости и продолжительности строительных работ.

Таблица 2 – Оценка решений с учетом критерия К2 – экономическая эффективность конструктивно-технологических решений

№ п/п	Вариант	Оценка	Обоснование
1	Ограждение из металлических элементов с забиркой	3	наименее эффективные
2	Шпунтовые ограждения котлованов на основе стального профиля	3	наименее эффективные
3	Шпунтовые ограждения котлованов из ультракомпозитного материала	5	наиболее эффективные по общим затратам, оплата труда рабочих, стоимость материалов, стоимость машино-смен, машиноёмкость
4	Способ стены в грунте	4	наиболее эффективные по оплате труда рабочих, трудоемкости, продолжительности работ
5	Ограждение котлована из буросекущихся свай	4	наиболее эффективные по оплате труда рабочих, трудоемкости, продолжительности работ

КЗ – показатель шума

Шум большой интенсивности является вредным для здоровья, воздействует негативно на весь организм, может вызвать потерю слуха. Эффект воздействия шума на слуховой орган является пропорциональным к величине полностью поглощенной акустической энергии, которая зависит от квадрата акустического давления и эффективного времени воздействия.

Допускаемые величины шума в период 8-часового рабочего дня с учетом защиты слуха находятся на уровне 85 дБ. Допускаемые уровни шума в центре городов днем не должны превышать 60 дБ (ночью 50 дБ).

Таблица 3 – Оценка решений с учетом критерия КЗ – показатель шума

№ п/п	Вариант	Оценка	Обоснование
1	Ограждение из металлических элементов с забиркой	1	При погружении стальных стенок, напряжение свыше 85 дБ
2	Шпунтовые ограждения котлованов на основе стального профиля	1	При погружении стальных стенок, напряжение свыше 85 дБ
3	Шпунтовые ограждения котлованов из ультракомпозитного материала	1	При погружении стальных стенок, напряжение свыше 85 дБ
4	Способ стены в грунте	3	Шум в пределах 70 дБ
5	Ограждение котлована из буросекущихся свай	3	Шум в пределах 70 дБ

Колебания в крайних случаях могут вызывать в организме человека разные расстройства, как:

- головокружение,
- ухудшение зрения,
- изменения ритма сердца,
- расстройства функции пищеварения.

Но, самыми неблагоприятными являются воздействия на окружающие здания и сооружения. Иногда даже небольшие колебания могут вызвать разрушение здания или его элемента. Это вызвано явлением резонанса, т. е. согласности колебаний.

Таблица 4 – Оценка решений с учетом критерия К4 – показатель колебаний

№ п/п	Вариант	Оценка	Обоснование
1	Ограждение из металлических элементов с забиркой	1	Колебания, вызванные забивкой стальных элементов, могут являться большой угрозой для существующих зданий и сооружений, а также для здоровья их жильцов
2	Шпунтовые ограждения котлованов на основе стального профиля	1	Колебания, вызванные забивкой стальных элементов, могут являться большой угрозой для существующих зданий и сооружений, а также для здоровья их жильцов
3	Шпунтовые ограждения котлованов из ультракомпозитного материала	1	Колебания, вызванные забивкой композитных элементов, могут являться большой угрозой для существующих зданий и сооружений, а также для здоровья их жильцов
4	Способ стены в грунте.	5	Технология, вызывающая небольшие колебания. Не угрожает существующим зданиям и сооружениям
5	Ограждение котлована из буросекущихся свай.	4	Технология, вызывающая небольшие колебания. Не угрожает существующим зданиям и сооружениям

К5 – показатель качества производства работ

Оценивается на основе качества выполненных работ путем оценки степени соответствия свойств результатов процесса, планируемых свойств. Определяется методом подтверждения соответствия свойств работ с техническими условиями их приема в области их физических, химических и др. качеств.

Таблица 5 – Оценка решений с учетом критерия К5 – показатель качества производства работ

№ п/п	Вариант	Оценка	Обоснование
1	Ограждение из металлических элементов с забиркой	3	Металлическое ограждение является конструкцией, податливой к деформациям
2	Шпунтовые ограждения котлованов на основе стального профиля	3	Шпунтовое ограждение является конструкцией, податливой к деформациям
3	Шпунтовые ограждения котлованов из ультракомпозитного материала	4	Шпунтовое ограждение является конструкцией, податливой к деформациям
4	Способ стены в грунте	4	При ее применении часто появляются не сплошную забетонированные участки железобетонной стены или внутренние пустоты, а также нарушается водо- и грунтопроницаемость, что влечет за собой низкое качество строительства
5	Ограждение котлована из буресекущихся свай	3	Имеется недостаточный контроль и, как следствие, пониженное качество выполненных работ

По результатам проведенной оценки конструктивно-технологических мероприятий построена таблица 6, представляющая все результаты.

Таблица 6 – Сводка величин критериев

Вариант	Критерий 1 – степень уменьшения влияния технологических процессов на деформации грунта	Критерий 2 – экономическая эффективность конструктивно-технологических решений	Критерий 3 – показатель шума	Критерий 4 – показатель колебаний	Критерий 5 – показатель качества производства работ
1	3	3	1	1	3
2	4	3	1	1	3
3	4	5	1	1	4
4	5	4	3	5	4
5	3	4	3	4	3
MIN	1	1	1	1	1
MAX	5	5	5	5	5

Анализ результатов оценки технологических решений при устройстве ограждения котлованов подземной части свидетельствует о целесообразности применения ограждения котлована способом монолитная «стена в грунте». Исходя из этих соображений и многокритериального анализа, способ монолитная «стена в грунте» является наиболее безопасной технологией ограждения котлована.

ВЫВОДЫ

Возможности современных технологий и оборудования предоставляют инженерам и строителям значительный выбор доступных способов устройства подземных частей зданий (сооружений). Выбор типа устройства ограждения котлована должен быть продуман и взаимно увязан. В сложных условиях этот выбор следует выполнять, как правило, на основании технико-экономического сопоставления вариантов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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%20uslovijakh.pdf>. – Загл. с экрана.
2. 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.

3. Руководство по проектированию подпорных стен сооружений и противофильтрационных завес, устраиваемых способом «стена в грунте» [Текст] / НИИОСП им. Н. М. Герсеванова. – М. : Стройиздат, 1977. – 129 с.
4. Blazejewski, R. Przegląd technologii i technik stosowanych w murych oczyszczalniach ścieków [Текст] / R. Blazejewski // Przegląd komunalny. – 1997. – № 3. – S. 10–18.
5. Lomotowski, J. Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków [Текст] / J. Lomotowski, A. Szpindor. – Warszawa : Arkady, 2002. – 456 s.

Получено 15.09.2015

А. М. ЮГОВ, М. С. НОВИКОВ

БЕЗПЕЧНІ РІШЕННЯ ЗМІЦНЕННЯ ОГОРОЖІ СТІНОК КОТЛОВАНІВ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті виконано огляд і аналіз забезпечення стійкості огорожі котлованів і обмеження їх впливу на навколишнє середовище. Вибір оптимального способу щодо влаштування огорожувальних стін вимагає розгляду багатьох варіантів, щоб зберегти прилегли будівлі (споруди) і навколишню екологію. **огорожа з металевих елементів із забиркою, шпунтові огорожі, ультракомпозитний профіль, монолітна «стіна в ґрунті», буроперетинальні палі**

ANATOLIY YUGOV, NYKYTA NOVYKOV

SECURE FENCING SOLUTIONS TO STRENGTHEN THE WALLS OF PITS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

This article deals with an overview and analysis of the sustainability of fences pits and limit of their impact on the environment. Choosing the best method of the device enclosing walls requires consideration of many options to save the adjacent buildings (buildings) and the surrounding environment.

fencing of metal elements with side board, sheet piling, ultra-composite profile, monolithic «slurry wall», secant piles

Югов Анатолій Михайлович – доктор технічних наук, професор кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Дійсний член Академії будівництва України. 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. Действительный член Академии строительства Украины. 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 стеснённых условиях, технология возведение подземных частей зданий на основе ограждения «стена в грунте», разработка грунта в котлованах.

Yugov Anatoliy – D.Sc. (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 student, 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.