

УДК 725.41

А. В. КУХАРЬ, Е. А. МАЛАХОВА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАРСТОВОЙ ПОЛОСТИ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СВАЙНОГО ЛЕНТОЧНОГО ФУНДАМЕНТА

Аннотация. В данной работе рассматриваются конструктивные защитные мероприятия зданий и сооружений на карстоопасных территориях в виде свайных фундаментов, объединенных ленточным монолитным ростверком. Численные исследования проводились с использованием программного комплекса (ПК) Plaxis 2D для определения максимальных геометрических размеров карстовой полости, при которых еще не происходит обрушение вышележащих слоев грунта. Далее с помощью ПК ЛИРА определено влияние изменения геометрических параметров и местоположения в плане здания и по глубине основания карстовых полостей на напряженно-деформированное состояние (НДС) конструкций свайного ленточного фундамента. Исследование НДС конструкции фундамента показало, что самым неблагоприятным является случай, когда карстовая полость расположена по боковой поверхности вблизи пяты свай в центре ростверка.

Ключевые слова: карст, свайный ленточный фундамент, карстовая полость.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

На сегодняшний день в Донецкой области сложные инженерно-геологические условия все чаще отводятся под строительство зданий и сооружений. Карст является опасным и малоизученным процессом, последствия которого могут привести к разрушениям зданий и сооружений. Актуальность данной статьи обусловлена увеличением тенденции освоения закарстованных территорий и отсутствием метода расчета с учетом изменения геометрических параметров и местоположения в плане здания и по глубине основания карстовых полостей на НДС конструкций свайного ленточного фундамента.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Изучению механизмов карстовых деформаций были посвящены работы А. А. Петракова, В. Н. Виноградова, Г. И. Адерхолда, В. Н. Андрейчука, В. П. Хоменко, В. В. Толмачева и др. Расчеты свайных фундаментов были освещены в работах таких ученых, как А. Л. Готман, А. Д. Давлетяров, Н. Р. Магзумов, Н. З. Готман и др. Вопросами районирования карста занимались Г. А. Максимович, Н. А. Гвоздецкий, В. Н. Дублянский и др. При изучении литературы выяснилось, что конструктивная защита зданий и сооружений на карстовых территориях является одной из самых эффективных [3]. Существуют традиционные конструктивные противокарстовые мероприятия, такие как сплошная фундаментная плита, фундамент с консольными удлинениями и т. д. [2]. В данной статье рассматриваются конструктивные защитные мероприятия в виде свайных фундаментов, объединенных ленточным монолитным ростверком.

ЦЕЛЬ

Рассмотреть влияние изменения геометрических параметров и местоположения в плане здания и по глубине основания карстовых полостей на НДС конструкций свайного ленточного фундамента.

В соответствии с указанной целью были поставлены следующие задачи исследования:

- разработать расчетную схему в ПК Лири и ПК Plaxis 2D грунтового массива, ослабленного карстовой полостью, со свайным ленточным фундаментом;
- рассмотреть различные размеры карстовой полости диаметром $d < a$, $d > a$, $d = a$, где a – шаг свай в ленточном ростверке;
- определить максимальные геометрические параметры карстовой полости, при которых еще не происходит обрушение вышележащих слоев грунта с помощью ПК Plaxis 2D;
- исследовать влияние расположения карстовых полостей по глубине основания и в плане здания на НДС конструкций рассматриваемого фундамента.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Целью противокарстовой защиты является предотвращение разрушения здания или сооружения в случае возникновения карстовых деформаций в основании фундамента. Проектирование зданий и сооружений на закарстованных территориях в соответствии с требованиями нормативных документов предусматривает комплекс мероприятий, включающий профилактические, конструктивные, геотехнические меры защиты и карстологический мониторинг [1, 4].

Для решения поставленных задач выполнялись численные исследования НДС грунтового массива и конструкций свайного ленточного фундамента методом конечных элементов с помощью ПК Лири и ПК Plaxis 2D [3]. Исследовался однородный грунтовый массив – глина ($E = 10$ МПа, $\gamma = 16$ кН/м³, $\nu = 0,3$; $c = 30$ кПа; $\varphi = 15^\circ$). Сваи – железобетонные (ж/б), диаметром $d = 400$ мм. Длина свай $l_{св.} = 5$ м, шаг свай $a = 1$ м. Ростверк – монолитный ж/б, сечением $b = 1$ м, $H_p = 1,2$ м. К ростверку приложена равномерно распределенная нагрузка $P = 100$ кПа.

В ПК Лири использовалась плоская задача. Грунтовой массив моделировался в виде плоских прямоугольных конечных элементов с соответствующими жесткостями. Все конструктивные элементы фундамента задавались стержнями (рис. 1а).

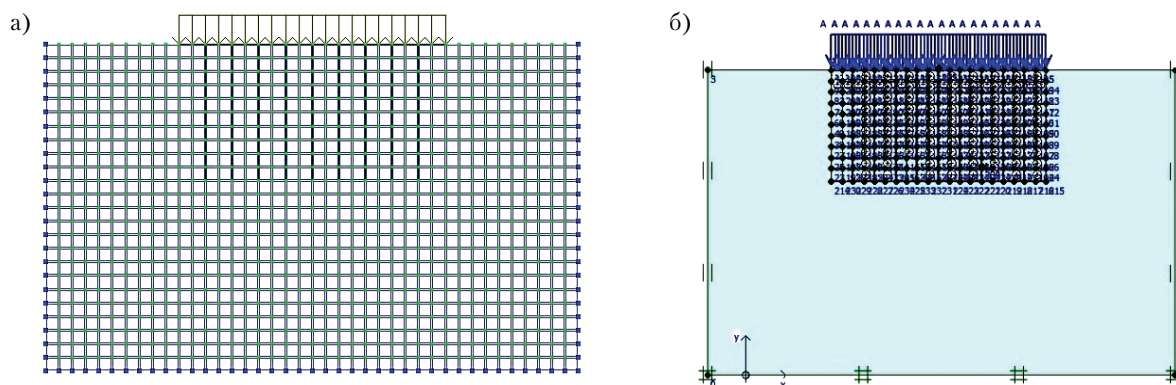


Рисунок 1 – Расчетная схема: а) в ПК Лири; б) в ПК Plaxis 2D.

Для создания расчетной схемы в ПК Plaxis 2D также применялась плоская задача, используя модель Кулона-Мора. Ростверк моделировался с помощью плиты, а сваи – анкерами. Взаимодействие между сваями и грунтом моделируется с обеих сторон с помощью интерфейсов (рис. 1б).

Варьирование геометрическими размерами и местоположением полости происходило до того момента, пока ПК Plaxis не выдаст ошибку, которая уведомляет о том, что произошло обрушение вышележащего грунта. При этом ПК Лири продолжает расчет и разрушение связей между пластинчатыми конечными элементами не происходит. Поэтому все дальнейшие расчеты в ПК Лири выполняются до момента обрушения грунта над карстовой полостью. На рис. 2 представлен график зависимости момента обрушения грунта от размера и местоположения полости в плане и по глубине основания.

Было рассмотрено влияние изменения геометрических размеров и местоположения полостей на изгибающий момент в ж/б монолитном ростверке и сваях с помощью ПК Лири.

По результатам, полученным в ПК Лири, были построены графики зависимости максимального изгибающего момента от геометрических параметров и местоположения полости в плане здания и по глубине основания (рис. 3).

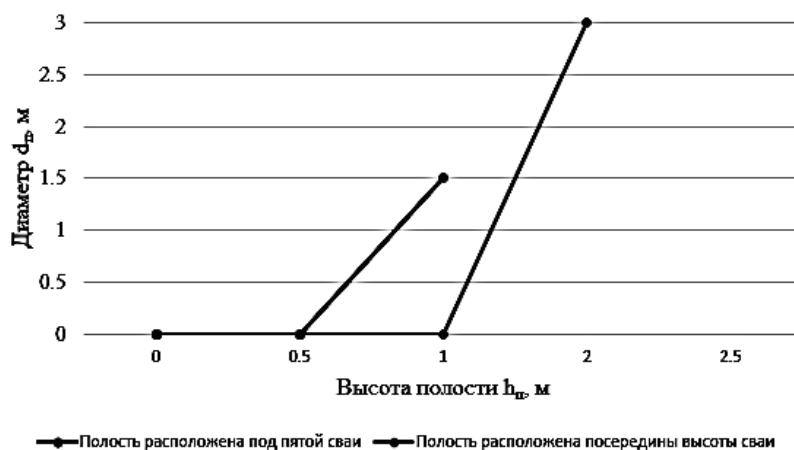


Рисунок 2 – График зависимости момента обрушения грунта от параметров карстовой полости.

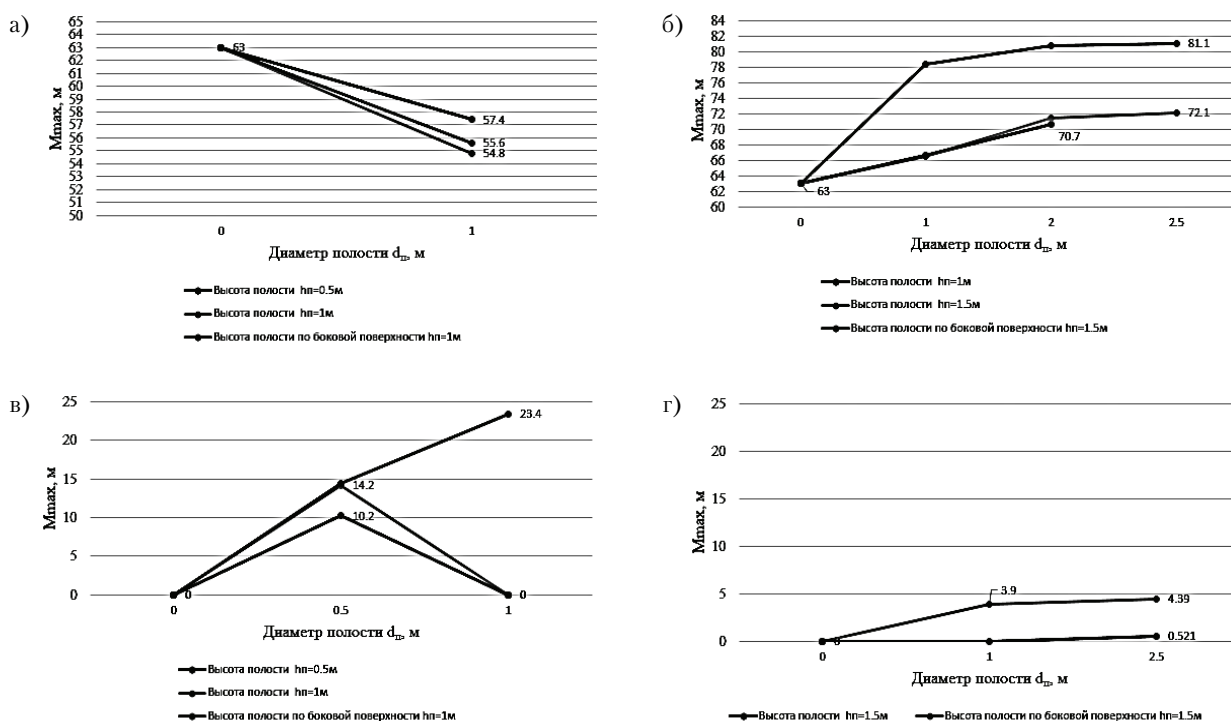


Рисунок 3 – Графики зависимости максимального изгибающего момента от геометрических параметров и местоположения полости в плане здания и по глубине основания: а) полость расположена под пятой крайней сваи, б) полость расположена посередине крайней сваи, в) полость расположена под пятой центральной сваи, г) полость расположена посередине центральной сваи.

ВЫВОДЫ

1. Изменение НДС конструкций свайного фундамента от геометрических параметров возможно только при образовании небольших карстовых полостей размерами: $d_{ц} \times h_{ц}$, а именно до $1,5 \times 1,0$ м под пятой сваи и 3×2 м посередине сваи.

2. При образовании карстовой полости под пятой сваи $d_{ц} \leq a$ изгибающие моменты и в центральной и в крайней свае уменьшаются в 1,4 раза. При этом максимальный изгибающий момент в ростверке увеличивается в 3 раза при образовании полости под центральной сваей, а при образовании под крайней сваей $M_{уmax}$ увеличивается всего в 1,1 раза.

3. При образовании карстовой полости посередине длины сваи $d_{ц} \geq a$ изгибающие моменты и в центральной, и в крайней свае уменьшаются в 1,1 раза, а в ростверке увеличивается в 1,1 раза.

4. При образовании карстовой полости $d_n \leq a$ по боковой поверхности максимальное увеличение изгибающего момента наблюдалось в центральной свае вблизи пяты, и составило увеличение на 23 кНм, при образовании полости по боковой поверхности посередине высоты центральной сваи $d_n \geq a$ изгибающие моменты увеличиваются в 13,2 раза. При образовании полости по правой боковой поверхности вблизи пяты крайней сваи M_y меняет знак на противоположный в месте образования полости и уменьшается в 1,3 раза, при этом в ростверке изгибающий момент увеличивается в 1,1 раза. При образовании карстовой полости по боковой поверхности сваи увеличение изгибающего момента обусловлено наличием горизонтального давления на сваю с одной стороны, а в месте образования полости горизонтальное давление отсутствует.

5. Исследование НДС конструкции свайного фундамента при образовании карстовой полости размером до обрушения вышележащего грунта показал, что неблагоприятным местом расположения карстовой полости является по боковой поверхности вблизи пяты сваи, расположенной в центре ростверка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти будинків і споруд [Текст]. – На заміну СНиП 2.02.01-83, СНиП 2.02.03-85, розділ 5 «Определение несущей способности свай по результатам полевых исследований»; надано чинності 2007-07-01. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 104 с.
2. Кухарь, А. В. Разработка устройств для автоматической компенсации локальных деформаций основания [Текст] / А. В. Кухарь // Современные проблемы строительства. Ежегодный научно-технический сборник. – Донецк: Донецкий ПромстройНИИпроект, 2010. – С. 95–102.
3. Sowers, G. F. Building on Sinkholes: Design and Construction of Foundations in Karst Terrain [Текст] / G. F. Sowers. – New York: ASCE Publications, 1996. – 202 p.
4. Sogge, R. Laterally loaded pile design [Текст] / R. Sogge // American Society of Civil Engineers, 1981. – Vol. 107. – P. 1179–1199.
5. Broms, B. B. Pile Foundations Pile Groups [Текст] / B. B. Broms // 6th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. – Wien: [s. l.]. – 1976. – P. 103–132.

Получено 23.05.2018

Г. В. КУХАР, К. А. МАЛАХОВА
 ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ КАРСТОВИХ ПРОВАЛІВ НА НАПРУЖЕНО-
 ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН КОНСТРУКЦІЙ ПАЛЬОВОГО СТРІЧКОВОГО
 ФУНДАМЕНТУ
 ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. У даній роботі розглядаються конструктивні захисні заходи будівель і споруд на карстонебезпечних територіях у вигляді пальових фундаментів, об'єднаних стрічковим монолітним ростверком. Численні дослідження проводилися з використанням програмного комплексу (ПК) Plaxis 2D для визначення максимальних геометричних розмірів карстової порожнини, при яких ще не відбувається обвалення верхніх шарів ґрунту. Далі за допомогою ПК ЛІРА визначено вплив зміни геометричних параметрів і розташування в плані будівлі та по глибині основи карстових порожнин на напружено-деформований стан (НДС) конструкцій пальового стрічкового фундаменту. Дослідження НДС конструкції фундаменту показало, що найбільш несприятливим є випадок, коли карстова порожнина розміщена по боковій поверхні поблизу п'яти палі в центрі ростверку.

Ключові слова: карст, пальовий стрічковий фундамент, карстова порожнина.

HANNA KUCHAR, EKATERINA MALAKHOVA
 INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF KARST DIPS ON THE STRESS-STRAIN
 STATE OF THE STRUCTURES OF THE PILE BELT FOUNDATION
 Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. In this paper, constructive protective measures of buildings and structures in karst-dangerous territories are considered, in the form of pile foundations joined by a tape monolithic grillage. Numerical studies were carried out using the Plaxis 2D software package to determine the maximum geometric dimensions of the karst cavity, in which no collapse of the overlying layers of soil. Then with the help of the LIRA PC, the influence of the change in geometric parameters and location in the building plan and on the

depth of the base of the karst cavities on the stress-strain state (VAT) of the pile foundation foundation constructions has been determined. The VAT study of the foundation construction showed that the most unfavorable is the case when the karst cavity is located along the lateral surface near the heel of the pile in the center of the grillage.

Key words: karst, pile strip foundation, karst cavity.

Кухарь Анна Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры оснований, фундаментов и подземных сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: строительство и проектирование зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях, конструктивные методы защиты зданий и сооружений на карстоопасных территориях, системы для автоматической компенсации деформаций основания.

Малахова Екатерина Анатольевна – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: строительство и проектирование зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях, конструктивные методы защиты зданий и сооружений на карстоопасных территориях.

Кухарь Ганна Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри основ, фундаментів та підземних споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: будівництво та проектування будівель і споруд в складних інженерно-геологічних умовах, конструктивні методи захисту будівель і споруд на карстонебезпечних територіях, системи автоматичної компенсації деформації основи.

Малахова Катерина Анатоліївна – магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: будівництво та проектування будівель і споруд в складних інженерно-геологічних умовах, конструктивні методи захисту будівель і споруд на карстонебезпечних територіях.

Kuhar Hanna – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Basements, Foundations and Underground Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: construction and design of buildings and structures in complicated engineer-geological conditions, constructive methods of protection of buildings and structures on karst territories, systems for automatic compensation of deformation of the base.

Malakhova Ekaterina – Master's degree student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: construction and design of buildings and structures in complex engineering and geological conditions, constructive methods for protecting buildings and structures in karst-dangerous areas.