

ЯРКИН В.В., КУХАРЬ А.В.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
г. Макеевка, Украина

УДК 624.15

ВЛИЯНИЕ РАЗУПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА ВОКРУГ КАРСТОВОЙ ВОРОНКИ НА НДС КОНСТРУКЦИЙ ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, фундаментная плита, карст, воронка, осадка.

У статті приведений метод визначення коефіцієнта жорсткості основи навколо карстової воронки. Розроблені розрахункові схеми основи, ослабленої карстовими воронками різних параметрів. Наведено метод визначення напружено-деформованого стану конструкцій плитного фундаменту, що потрапили в зону розуцільнення ґрунту навколо карстового провалу. Розглядається безкаркасна будівля на плитному фундаменті.

В статье приведен метод определения коэффициента жесткости основания вокруг карстовой воронки. Разработаны расчетные схемы основания, ослабленного карстовыми воронками различных параметров. Приведена методика определения напряженно-деформированного состояния конструкций плитного фундамента попавших в зону разуплотнения грунта вокруг карстового провала. Рассматривается бескаркасное здание на плитном фундаменте.

In the article the method of determination of coefficient of inflexibility of foundation is resulted round a karst sinkhole. The calculation charts of foundation, weak the karst sinkhole of different parameters are developed. Provides a method for determining the stress-strain state structures slab foundation in the area of loosening of the soil around the karst failure. Considered frameless building on Foundation slab.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Потеря устойчивости сводов карстовых пустот приводит к образованию на земной поверхности оседаний или провалов. При этом, грунтовый массив вокруг карстового провала получает возможность дополнительных смещений и локальной потери устойчивости в сторону образовавшегося провала, в результате чего определенную зону основания вокруг карстового провала можно считать ослабленной или разуплотненной [9, 10].

Большое внимание в данной работе уделено исследованиям зоны разуплотнения грунта вокруг карстовой воронки от влияния таких факторов как давление на основание, глубина и диаметр карстовой воронки.

Совершенствование методов расчета и проектирования фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях является одним из перспективных направлений развития фундаментостроения. Проектирование зданий и сооружений на карстоопасных территориях требует применения конструктивных, планировочных мероприятий либо улучшение свойств грунтов [1, 4, 6]. Одним из наиболее часто используемых конструктивных методов защиты от карстопроявления является фундамент в виде монолитной железобетонной плиты.

Целью статьи является определение размеров «ослабленной зоны» карстового основания в зависимости от основных влияющих факторов и исследование влияния зоны разуплотнения грунта вокруг карстовой воронки на напряженно-деформированное состояние конструктивных элементов зданий на плитном фундаменте.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнялись методом конечных элементов при помощи ПК Лира [2]. При этом расчетная схема исследуемого основания представлена в виде осесимметричного массива толщиной 25 м и радиусом 50 м от оси симметрии. Параметры карстового провала задавались исключением из расчетной схемы группы конечных элементов по оси симметрии. Расчеты выполнялись с варьированием диаметра карстового провала от 3 до 9 м, глубины провала от 1 до 5 м и давления на основание в диапазоне 100...300 кПа.

Для определения коэффициента жесткости основания вокруг карстовой воронки найдены осадки основания (рис. 1, 2).

Переменный коэффициент жесткости основания C_z вычисляется как отношение давления на основание P к осадке основания S [3, 5]. Результаты расчета представлены в виде графиков (рис. 3).

Относительные коэффициенты жесткости основания определялись как соотношения переменных коэффициентов жесткости основания с учетом карстового провала C_z к коэффициенту жесткости основания ненарушенного основания C_{z0} .

Зона разуплотнения грунта вокруг карстового провала зависит от диаметра карстового провала [9, 10] и может быть условно принята равной $0.5d$, где d – диаметр карстовой воронки. Осадки в указанной зоне зависят от глубины провала и давления действующего на поверхности. Аппроксимацию осадок в пределах зоны разуплотнения можно выполнить параболической зависимостью.

Предлагается коэффициент жесткости основания в зоне разуплотнения карстовой воронки вычислять по формуле:

$$C_z = k \cdot C_{z0}, \quad (1)$$

где C_{z0} – коэффициент жесткости ненарушенного основания

k – коэффициент разуплотнения, определяемый по формуле:

$$k = [1 - 0.1(d - 3)] + 0.1(d - 3) \frac{2r - d}{d}, \quad (2)$$

где $d \geq 3$ м – диаметр карстовой воронки;
 $d \geq r \geq 0.5 \cdot d$ – расстояние от центра воронки до точки в зоне разуплотнения грунта, в которой определяется коэффициент жесткости. При этом: при $r < 0.5 \cdot d$, $k = 0$, а при $r > d$, $k = 1.0$.

Влияние разуплотнения грунта вокруг карстового провала на НДС конструкций фундамента рассматривалось на примере здания православного храма. Цокольная часть здания храма запроектирована в виде коробчатой монолитной железобетонной плиты с мощными ребрами в виде балок стенок на всю высоту цокольного этажа. Жесткость надземных конструкций храма существенно ниже цокольной части, поэтому надземная часть храма в расчетной схеме учтена только в виде нагрузок (рис. 4).

Определение НДС фундаментных конструкций выполнялось без учета возникновения карстовой воронки, с учетом карстового провала различного диаметра и глубины, с учетом и без учета ослабленной зоны [7, 8]. Расположение карстовой воронки под фун-

Смотри рис. 1,2,3,5,7 на 4 стр. обложки

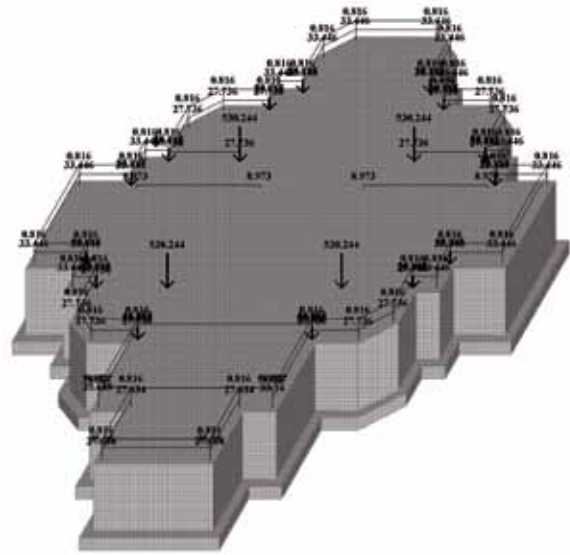


Рис.4. Расчетная схема цокольной части здания на плитном фундаменте

даментами рассматривалось в центральной части здания.

Для фундаментной плиты предварительно вычислялись коэффициенты жесткости основания C_z . Карстовый провал учитывался в расчетной схеме обнулением коэффициента жесткости основания в месте самого провала и понижением коэффициента жесткости в зоне разуплотнения вокруг провала по формуле 1 (рис. 5).

Полученные результаты осадок основания, ослабленного карстовой воронкой, представлены на рис.6. Изополю изгибающих моментов M_y в фундаментной плите без карстового провала, с карстовым провалом и с учетом разуплотнения грунта вокруг провала представлены на рис. 7.

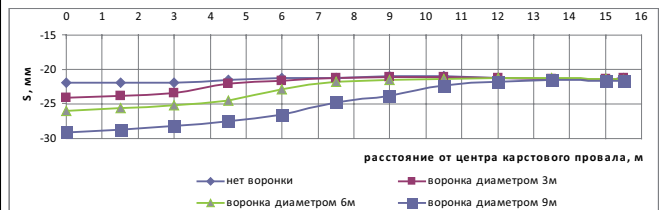
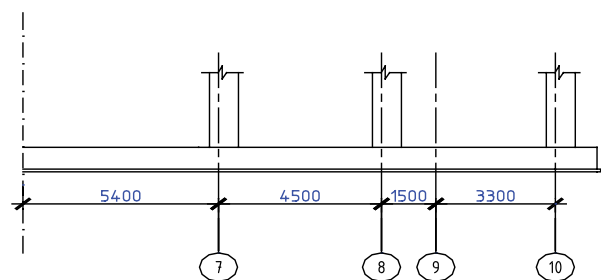


Рис.6. Осадки основания под фундаментной плитой здания с учетом образования карстовой воронки.

ВЫВОДЫ

Численными исследованиями установлено, что при проектировании зданий на карстоопасных территориях необходимо учитывать зоны разуплотнения грунта на границах карстовой воронки. Размер этих зон с достаточным приближением можно принимать как половину диаметра карстовой воронки. Существенное влияние на изменение относительного коэффициента жесткости основания в зоне провала имеют: диаметр, глубина карстовой воронки и давление на основание, так как эти факторы являются наиболее влияющими на устойчивость грунта в окрестностях провала.

Для воронки цилиндрической формы изменение глубины карстовой воронки в диапазоне от 1 до 5 м приводит к уменьшению относительного коэффициента жесткости основания до 90%.

Увеличение давления на основание, ослабленное карстовой воронкой, от 100 до 300 кПа приводит к уменьшению относительного коэффициента жесткости основания на краю воронки примерно в 2 раза.

Учет влияния зоны разуплотнения основания вокруг карстовой воронки на НДС здания на плитном фундаменте показал, что изгибающие моменты в фундаментной плите увеличиваются до 12,5%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временные указания по проектированию зданий в районах г. Москвы с проявлением карстово-суффозионных процессов. – М.: Моспроект – 1 и др., 1979. – 20 с.
2. ЛИРА 9.4. Примеры расчета и проектирования. Приложение к пособию ЛИРА 9.2 / [Гензерский Ю.В., Куценко А.Н., Марченко Д.В. и др.]. – К.: НИИАСС, 2006. – 124 с.
3. Горбунов-Посадов М.И. Расчет конструкций на упругом основании / М.И. Горбунов-Посадов, Т.А. Маликова, В.И. Соломин. – М.: Стройиздат, 1984. – 680 с.
4. Дыховичный Ю.А. Проектирование и строительство на территориях, подверженных карстово-суффозионным процессам в Москве / Ю.А. Дыховичный, В.А. Максименко // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1979. – №3. – С. 20 – 23.
5. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти. Видання друге, перероблене і доповнене / [М.Л. Зоценко, В.І. Коваленко, А.В. Яковлев та ін.; під ред. М.Л. Зоценко]. – Полтава, 2004. – 523 с.
6. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий / [В.В. Толмачев, М.Г. Троицкий, В.П. Хоменко; ред. Е.А. Сорочана]. – М.: Стройиздат, 1986 – 176 с.
7. Метелюк Н.С. Методические рекомендации по проектированию фундаментов зданий и сооружений в карстовых районах / Н.С. Метелюк, А.Б. Соловьева, Л.В. Горбатова / НИИСК Горсстроя СССР.– К.: 1997.– 76 с.
8. Метелюк Н.С. Методические рекомендации по проектированию бескаркасных жилых зданий в карстовых районах / Н.С. Метелюк, А.Б. Соловьева, Л.В. Горбатова / НИИСК Госстроя СССР. – К., 1986. – 51 с.
9. Рекомендации по проектированию зданий и сооружений в карстовых районах СССР / ЦНИИИС Госстроя СССР и др. – М., 1967. – 74 с.
10. Рекомендации к проектированию фундаментов на закарстованных территориях. НИИОСП им. Н.М. Герсеванова (рекомендации), 1985. – 263 с.

**Осадка основания у воронки
диаметром 9 м, P=100 кПа**

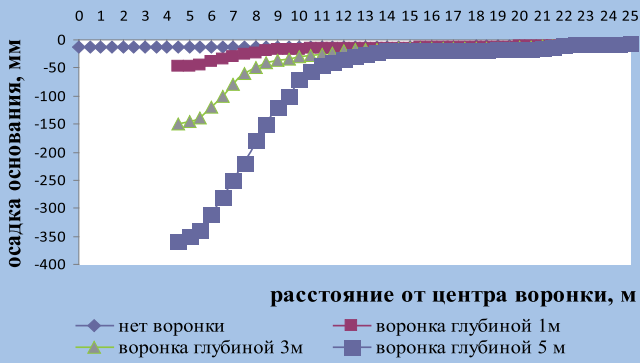


Рис. 1. Осадка основания, ослабленного воронкой диаметром 9 м при давлении на основание 100 кПа.

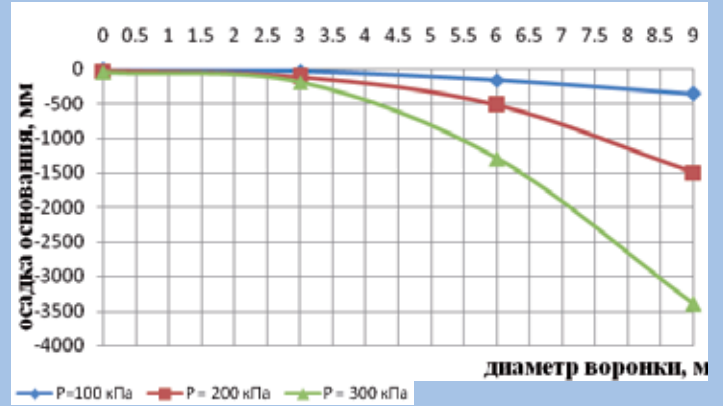


Рис. 2. Осадка основания у края воронки глубиной 5 м.

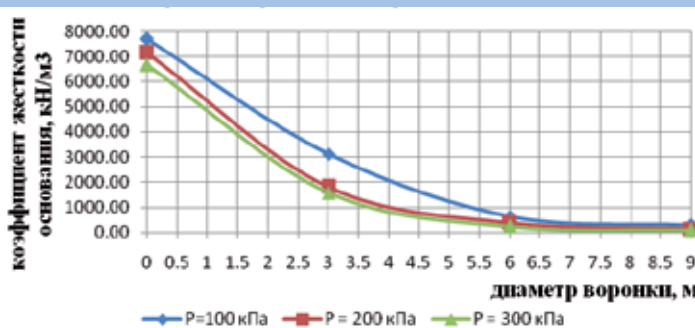


Рис. 3. Коэффициент жесткости основания у края воронки глубиной 5 м.

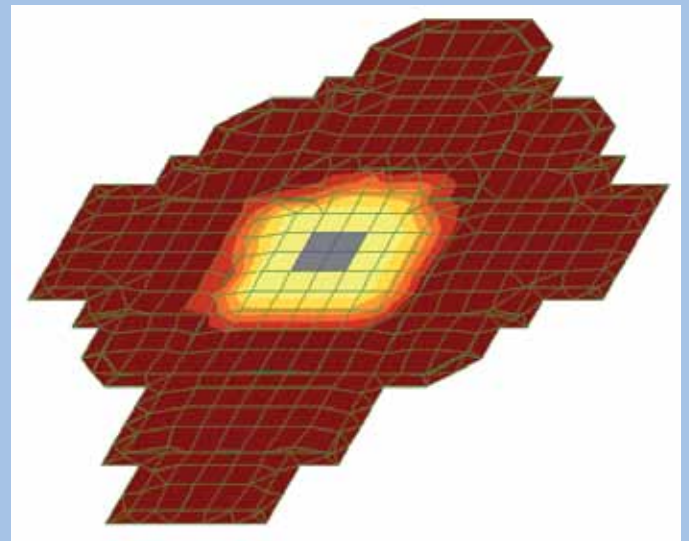


Рис. 5. Изополя переменного коэффициента жесткости основания с учетом образования карстовой воронки диаметром 3 м.

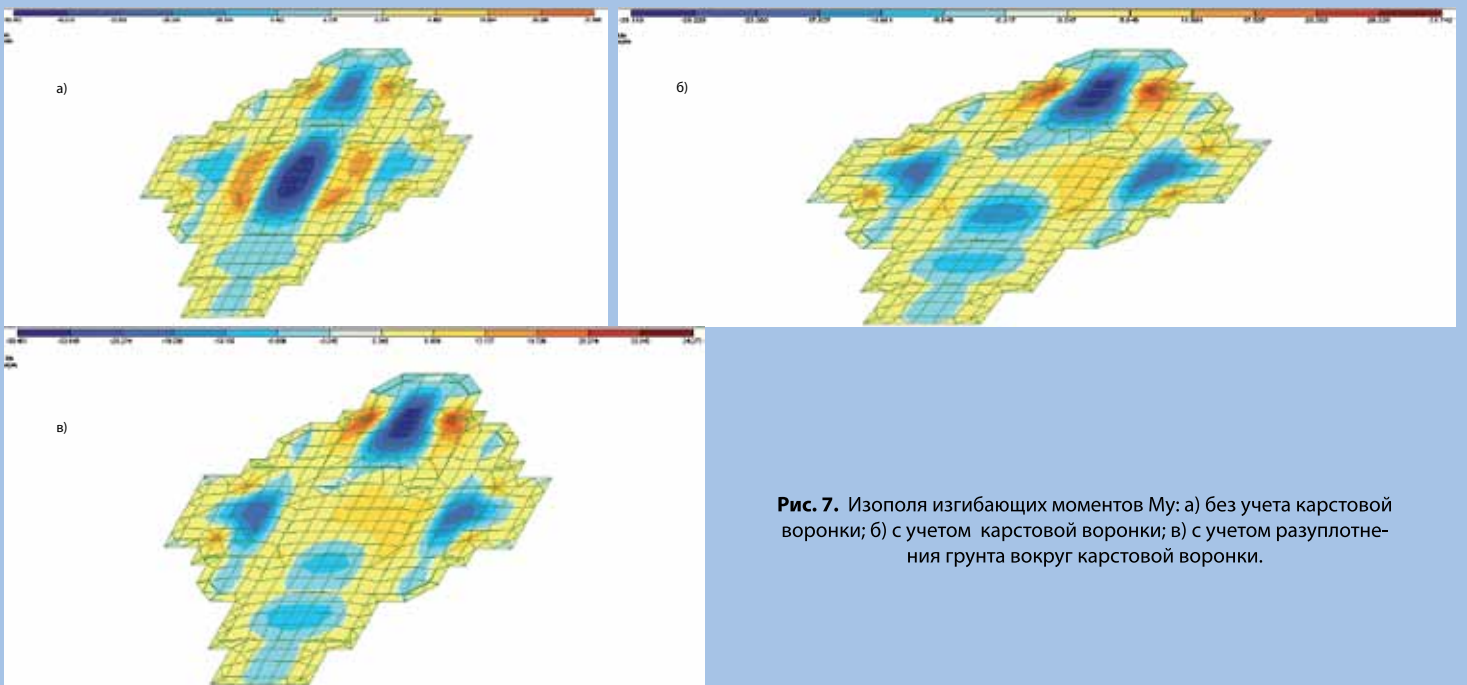


Рис. 7. Изополя изгибающих моментов M_y : а) без учета карстовой воронки; б) с учетом карстовой воронки; в) с учетом разуплотнения грунта вокруг карстовой воронки.