



ISSN 1819-432X print / ISSN 1993-3495 online

СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО
СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION

ТОМ 6, N2, 2010, 61-68

УДК 725.41:624.131.253:699.8

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ВІД КАРСТОПРОЯВЛЕННЯ

О. О. Петраков, Г. В. Кухар

Донбаська національна академія будівництва і архітектури,

вул. Державіна, 2, м. Макіївка, Україна, 86123.

E-mail: Kuhar.Anna.V@yandex.ru

Отримана 14 травня 2010; прийнята 31 травня 2010.

Анотація. У статті приведені результати дослідження конструктивних методів захисту будівель і споруд від карстопроявлення. Запропонована методика розрахунку і досліджений напружено-деформований стан конструктивних елементів будівлі. Як заходи щодо захисту будівель і споруд від карстопроявлення запропоновані фундаменти у вигляді суцільної плити і перехресних балок. За допомогою програмного комплексу ЛІРА визначені розрахункові зусилля і переміщення в конструкціях будівель і споруд, що попали в зону карстового провалу. Досліджувалася карстова воронка діаметром 3, 6 і 9 м. Розглянуто розташування воронки під фундаментами в місцях перетину осей під колонами, що знаходяться у кутку будівлі, в центрі більшої сторони досліджуваної будівлі і в центральній частині будівлі. Визначено, що найбільш несприятливою дією карстового провалу є дія карстової воронки в центральній частині будівлі. Запропоновано техніко-економічне порівняння досліджених конструктивних заходів. Визначено, що при захисті малоповерхової каркасної будівлі від дії карсту шляхом пристрою фундаментів у вигляді перехресних балок є економічнішим в порівнянні із захистом цієї будівлі шляхом пристрою фундаментів у вигляді суцільної плити.

Ключові слова: карст, воронка, будівля, фундамент, деформація.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ КАРСТОПРОЯВЛЕНИЯ

А. А. Петраков, А. В. Кухарь

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,

ул. Державина, 2, г. Макеевка, Украина, 86123.

E-mail: Kuhar.Anna.V@yandex.ru

Получена 14 мая 2010; принята 31 мая 2010.

Аннотация. В статье приведены результаты исследования конструктивных методов защиты зданий и сооружений от карстопроявления. Предложена методика расчета и исследовано напряженно-деформированное состояние конструктивных элементов здания. В качестве мероприятий по защите зданий и сооружений от карстопроявления предложены фундаменты в виде сплошной плиты и перекрестных балок. С помощью программного комплекса ЛІРА определены расчетные усилия и перемещения в защищаемых конструкциях зданий и сооружений, попавших в зону карстового провала. Исследовалась карстовая воронка диаметром 3, 6 и 9 м. Рассмотрено расположение воронок под фундаментами в местах пересечения осей под колоннами, находящимися в углу здания, в центре большей стороны исследуемого здания и в центральной части здания. Определено, что наиболее неблагоприятным воздействием карстового провала является действие карстовой воронки в центральной части здания. Предложено технико-экономическое сравнение исследованных конструктивных мероприятий. Определено, что при защите малоэтажного каркасного здания от воздействия карста путем устройства фундаментов в виде перекрестных балок является более экономичным по сравнению с защитой этого здания путем устройства фундаментов в виде сплошной плиты.

Ключевые слова: карст, воронка, здание, фундамент, деформация.

RESEARCH OF MEASURES ON BUILDINGS AND STRUCTURES PROTECTING FROM KARST DISPLAY

A. A. Petrakov, A. V. Kukhar

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavin Str., Makiyivka, Ukraine, 86123.*

E-mail: Kukhar.Anna.V@yandex.ru

Received 14 May 2010; accepted 31 May 2010.

Abstract. In the article the research results of constructive methods of buildings and structures protection resulted from karst displays. The method of calculation is offered and the tensile-deformed state of constructive elements of building has been proposed. As measures on protecting of buildings and structures from karst displays are foundations of continuous slab and cross beams kind have been offered. By means of program complex LYRE calculation efforts and moving of the protected constructions of buildings and structures have been determined, getting in to the karst gap zone. The karst funnel of 3, 6 and 9 m diameter was investigated. The funnel disposition under foundations has been considered in the places of axes crossing under columns, in the corner of the building, in the center of the greater side of the investigated building and in the central part of building. It has been determined that the most unfavourable influence of karst gap is in the central part of building. The technical and economic comparison of investigated constructive measures is offered. While protecting of framework few storey building from the karst influence by means of foundations setting as cross beams is more economical in comparison with this building protection by foundations arrangement as the continuous slab.

Keywords: karst, funnel, building, foundation, deformation.

Требования по противокарстовой защите зданий и сооружений недостаточно отражены в нормативной литературе [1]. Поэтому исследования и разработка методов расчета конструкций, попавших в зону карстовой воронки, являются актуальными. Выявление более экономичных и рациональных конструктивных мероприятий позволит повысить надежность при освоении карстовых территорий строительством.

Целью данной статьи является исследование конструктивных методов защиты зданий и сооружений от карстопроявления, разработка методики расчета и исследование напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов зданий. В качестве мероприятий по защите сооружений от провальных деформаций основания рассматриваются фундаменты в виде сплошной плиты и в виде перекрестных балок. Поиск оптимального решения из рассмотренных карстозащитных мероприятий осуществляется методом численного моделирования.

Реализацию основных положений по проектированию противокарстовых мер защиты предлагается осуществлять в соответствии с блок-схемой алгоритма расчета (рис. 1). Целью расчета в данном случае является определение расчетных усилий и перемещений в защищаемых конструкциях зданий и сооружений, попавших в зону карстовой воронки. Для этого используется программный комплекс ЛИРА [2].

Исследуется каркасное двух пролетное ($L=6$ м) здание из железобетонных конструкций с шагом колонн 6 м. Высота этажей 3 м. Сечение колонн 40×40 см, плиты перекрытий толщиной $h=20$ см. Для определения более выгодного мероприятия противокарстовой защиты рассмотрим применение, в качестве мер защиты, сплошной фундаментной плиты и фундаментов в виде перекрестных балок. Толщина сплошной фундаментной плиты принята $h=50$ см. Сечение перекрестных балок тавровое высотой $h=171$ см, ширина плиты 300 см, толщина плиты 71 см, толщина ребра 100 см. Диаметр карстовой воронки $D_{в}=3$ м, 6 м, 9 м.



Рис. 1. Блок-схема численных исследований.

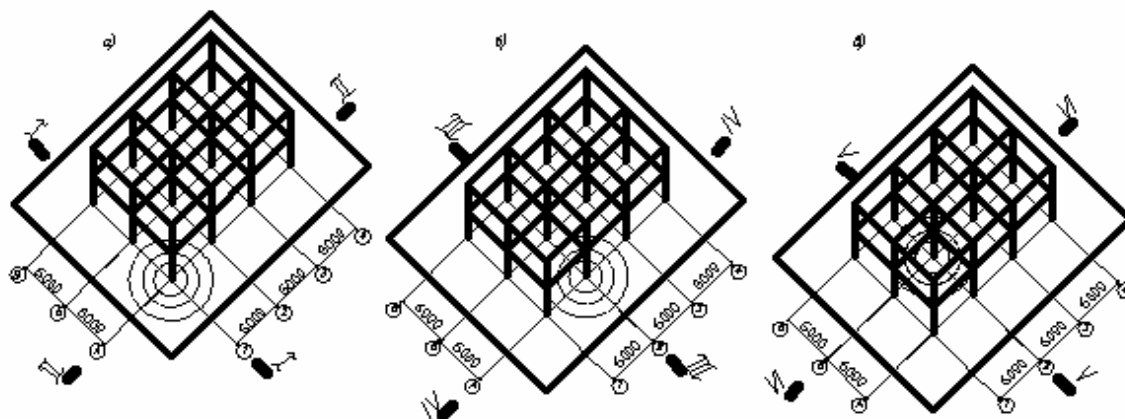
Расположение воронок под фундаментами принимаем в местах пересечения осей под колоннами, находящимися: а) в углу здания; б) на середине большей стороны исследуемого здания; в) в центральной части здания (рис. 2).

Для определения более выгодного варианта применения противокарстовых мероприятий для заданной расчетной схемы здания выполняется расчет без учета возникновения карстовой воронки под фундаментной плитой и перекрестными балками, а также с учетом карстового провала различного диаметра и месторасположения под фундаментами. Расчетная схема исследуемого здания представлена в виде ансамбля конечных элементов (рис. 3). Колонны и балки моделируются стержневыми конечными элементами. Плиты перекрытий, фундаментная плита моделируются четырехугольными конечными элементами.

Для обеспечения необходимой жесткости и прочности фундаментов при воздействии карста в краевых участках исследуемого здания предусмотрены консольные удлинения фундаментных балок и уширение фундаментной плиты за периметр сооружения. Длину балочных консолей принимаем не менее 0,7 прогнозируемого расчетного провала. Плитную консоль удлиняем на не менее чем 0,4 расчетного провала.

Жесткостные параметры элементов каркаса задаются программно по их сечениям и модулю упругости бетона. Для фундаментной плиты и перекрестных балок предварительно вычисляются коэффициенты жесткости основания C_{1z} . Следующим этапом расчета является назначение расположения карстовой воронки (рис. 2). В местах образования карстового провала коэффициент жесткости $C_{1z} = 0$. Кроме

1 вариант



2 вариант

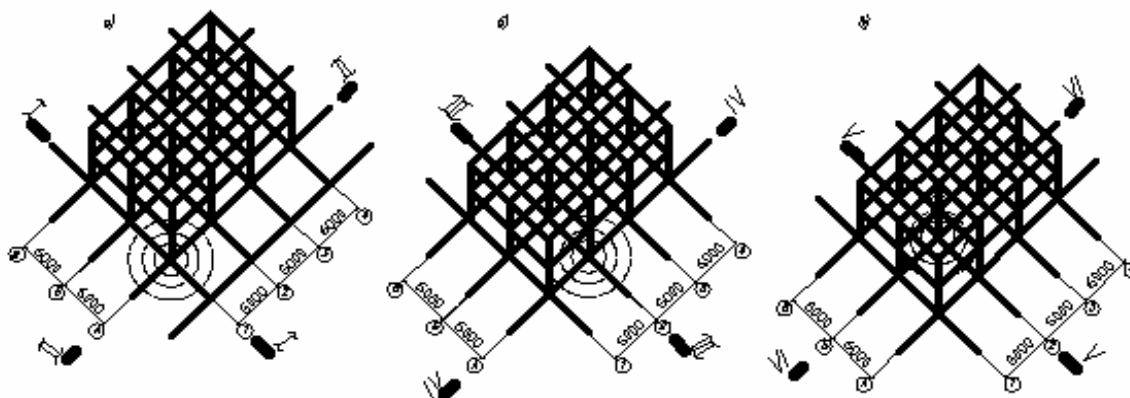


Рис. 2. 1 вариант – схемы расположения карстовой воронки под фундаментной плитой исследуемого здания. 2 вариант – схемы расположения карстовой воронки под перекрестными балками исследуемого здания. а) угловая воронка; б) воронка по периметру здания; в) воронка в пределах здания. I-I...VI-VI – исследуемые сечения.

этого, на каркас здания задаются нагрузки: постоянные и временные. Ветровые нагрузки в расчетах не учитываются. По полученным результатам многовариантных расчетов строятся эпюры изгибающих моментов для каждого из рассмотренных вариантов карстозащитного мероприятия и для исследуемых параметров воронки. На рис. 4 показаны эпюры изгибаемых моментов в фундаментных конструкциях от нагрузок и карстовых воздействий по сечению VI-VI (рис. 2).

Фундаментные конструкции заармированы по найденным усилиям в соответствии с нормами на проектирование железобетонных конструкций [3].

По эскизам рабочих чертежей определен удельный расход рабочей арматуры (масса,

кг/м²) на фундаменты исследуемого здания (табл. 1).

По полученным результатам можно сделать следующие выводы:

1. При использовании в качестве защитных мероприятий фундаментов в виде перекрестных балок и сплошной фундаментной плиты расход арматуры на отдельные конструкции значительно отличается. Фундаментная плита имеет достаточно высокий уровень армирования, обусловленный эксплуатационными нагрузками (расход арматурной стали 48 кг/м²). В связи с этим она не требует усиления при образовании карстовой воронки диаметром 3 м, а также при образовании воронки диаметром 6 м в углу здания и по его наружному периметру. Усиление фундаментной пли-

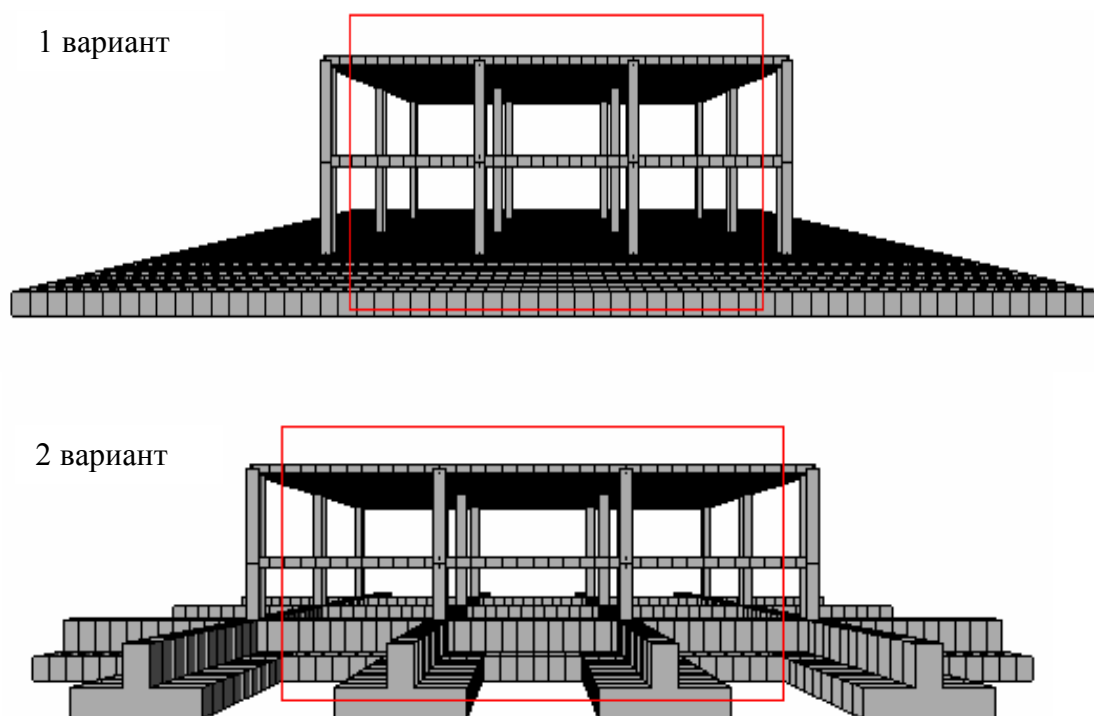


Рис. 3. Расчетная схема исследуемого здания с традиционными мерами противокарстовой защиты: 1 вариант – фундамент в виде сплошной плиты; 2 вариант – фундамент в виде перекрестных балок.

Таблица 1. Удельный расход рабочей арматуры (масса, кг/м²) на фундаменты исследуемого здания.

Место расположения воронки	ВАРИАНТ №1 Фундаментная плита				ВАРИАНТ №2 Перекрестные ленты			
	Ненарушенное основание	3	6	9	Ненарушенное основание	3	6	9
Угловая воронка	48	48	48	59.2	9.3	9.3	11.9	11.9
Воронка в центре крайней оси	48	48	48	59.2	9.3	15.0	19.6	24.7
Воронка в центре	48	48	59.2	59.2	9.3	19.6	24.7	24.7

ты требуется при образовании карстовой воронки диаметром 9 м, а также диаметром 6 м в центре здания (см. рис. 4). Фундаменты в виде перекрестных балок имеют незначительный расход арматуры, обусловленный эксплуатационными нагрузками (9,3 кг/м²). Этого армирования достаточно для восприятия дополнительных усилий только от карстовой воронки диаметром 3 м, расположенной в углу здания. Во всех остальных случаях, связанных с изменением местоположения карстовой воронки и ее диаметра, требуется дополнительное усиление

фундаментов в виде перекрестных балок.

2. Наиболее неблагоприятным воздействием карстового провала является расположение карстовой воронки в центральной части здания. В связи с этим назначение конструктивных мер защиты следует принимать по усилиям, возникающим при расположении карстовой воронки в центре здания. Следует отметить, что конструктивные меры защиты, запроектированные для воронки диаметром 6 м, являются достаточными для восприятия дополнительных усилий от карстовой воронки диаметром 9 м.

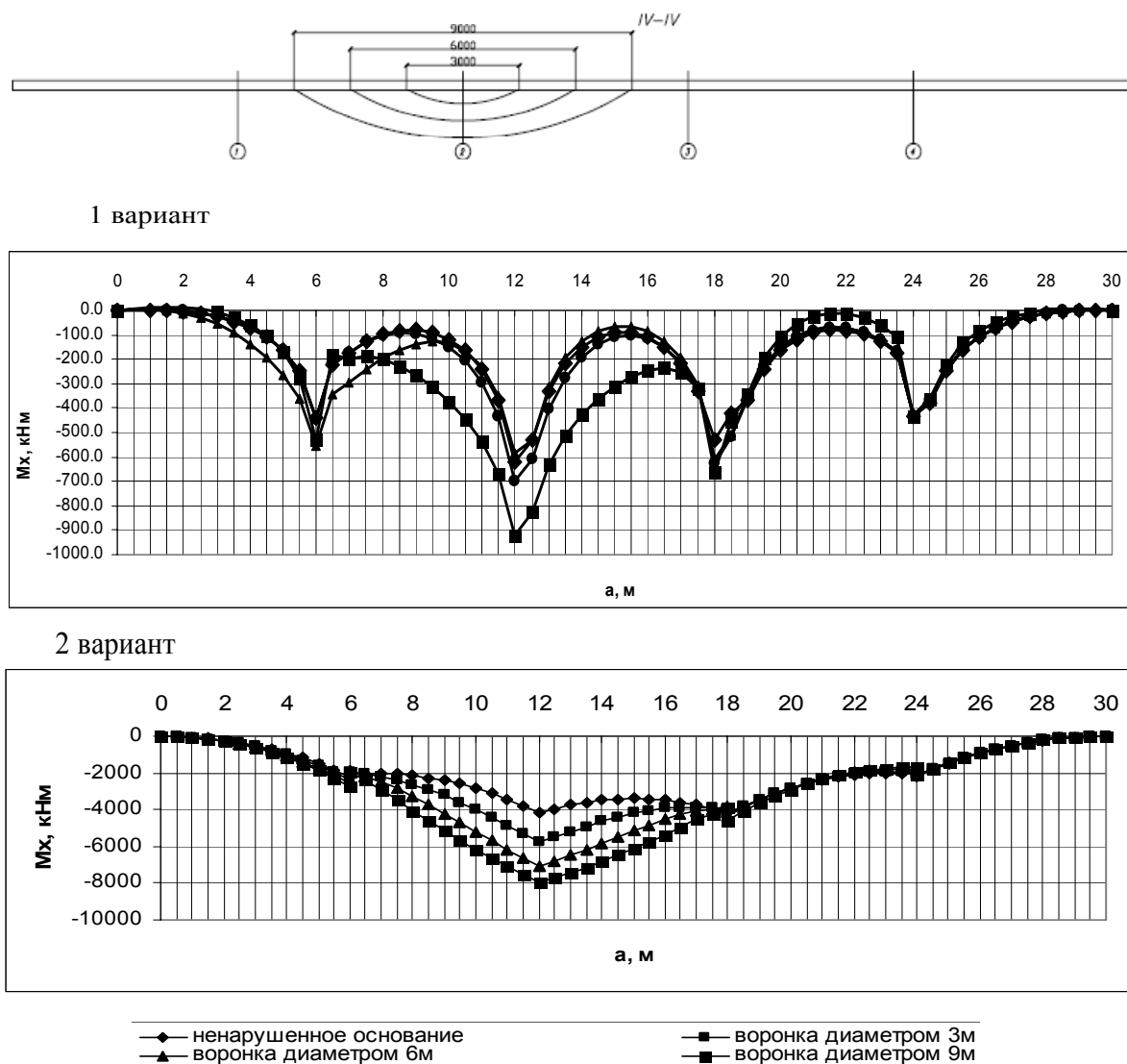


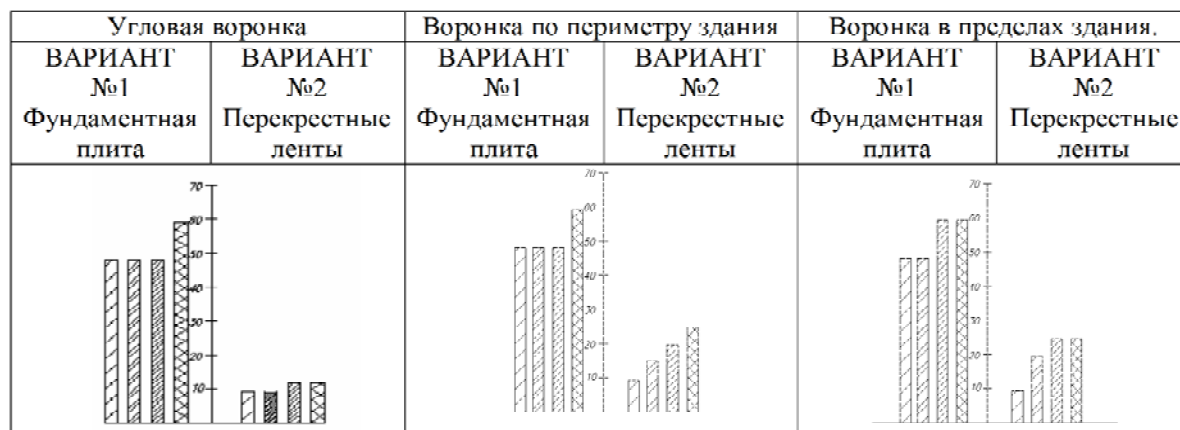
Рис. 4. Эпюры изгибающих моментов M_x , кНм, фундаментной плиты (вариант 1) и перекрестных балок (вариант 2) в сечении VI-VI (рис. 2).

3. При защите малоэтажного каркасного здания от воздействия карста путем устройства фундаментов в виде перекрестных балок, консольно выступающих за границы здания на 0,7 диаметра провала, достигается снижение расхода арматуры в 2,4 раза по сравнению с защитой этого здания путем устройства фундаментов в виде сплошной плиты, выступающей за границы здания на 0,4 диаметра карстового провала. Для более наглядного представления результатов технико-экономического анализа данные табл. 1 интерпретированы в виде диаграмм (рис. 5). Из диаграмм видно, что удельный расход арматуры на 1 м^2 здания с исполь-

зованием карстозащитного мероприятия в виде фундаментной плиты значительно выше, чем при использовании тех же целей перекрестных балок.

Литература

1. Толмачев В.В. Инженерное карстоведение / Толмачев В.В., Ройтер Ф. – М.: Недра, 1990. – 151 с.
2. Толмачев В.В. Анализ нормативных документов по изысканиям и проектированию в карстовых районах России: Инж.-геол. проблемы урбанизир. территорий / Толмачев В.В., Леоненко М.В. – Т. I. – Екатеринбург: АКВА-ПРЕСС, 2001. – С. 200-206.



— наружное основание
 — воронка диаметром 3 м
 — воронка диаметром 6 м
 — воронка диаметром 9 м

Рис. 5. Диаграммы сравнения карстозащитных мероприятий по удельному расходу арматуры на фундаментные конструкции.

- Пучкова Л.В. Проблемы и состояние карстолого-спелео исслед. прибрежно-карстовых ландшафтов Украинского причерноморья / Пучкова Л.В. – КНП № 21. – 2001.
- Вахрушев Б.А. Основні проблеми карстового геоморфогенезу / Вахрушев Б.А. // Український географічний журнал. – 2002. – № 7. – С. 20-25.
- ЛИРА 9.4. Примеры расчета и проектирования. Приложение к пособию ЛИРА 9.2. / [Гензерский Ю.В., Купенко А.Н., Марченко Д.В. и др.] – К. : Изд-во НИИАСС, 2006. – 124 с.
- Титаев В.А. Автоматизация расчета строительных конструкций на примере ЛИРА-подобных программных комплексов. Министерство путей сообщения Российской Федерации / Титаев В.А. – Хабаровск, 2001.
- Юшин А.И. Особенности проектирования фундаментов зданий на основаниях, деформируемых горными выработками / Юшин А.И. – М. : Строиздат, 1980. – 135 с.
- Метелюк Н.С. Фундаменты каркасных зданий на деформируемых основаниях / Метелюк Н.С., Коновалова Л.П. – Промышленное строительство и инженерные сооружения. – 1990. – № 1. – С. 26.
- Методические рекомендации по проектированию фундаментов зданий и сооружений в карстовых районах / НИИСК Горстроя СССР. – К., 1997. – 76 с.
- Рекомендации по проектированию зданий и сооружений в карстовых районах СССР/ЦНИИ-ИС Госстроя СССР и др. – М., 1967.
- Метелюк А.С. Вопросы расчета фундаментов бескаркасных карстовых деформациях земной поверхности // Защита зданий и сооружений, возводимых в карстовых и оползневых районах. – К. : НИИСК, 1990. – С. 9-17.
- Бетонные и железобетонные конструкции : СНиП 2.03.01-84*. / Госстрой России. – М. : ГУПЦПП, 2002. – 76 с.

Петраков Александр Александрович – д.т.н., профессор, завідувач кафедри «Основи, фундаменти і підземні споруди» Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: будівництво будівель і споруд в складних інженерно-геологічних і горно-геологічних умовах.

Кухарь Ганна Володимирівна – аспірант кафедри «Основи, фундаменти і підземні споруди» Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: будівництво будівель і споруд на карстонебезпечних територіях.

Петраков Александр Александрович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Основания, фундаменты и подземные сооружения» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: строительство зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических и горно-геологических условиях.

Кухарь Анна Владимировна – аспирант кафедры «Основания, фундаменты и подземные сооружения» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: строительство зданий и сооружений на карстоопасных территориях.

Petrakov Alexander Aleksandrovich – doctor of engineering sciences, professor, Head of the «Bases, Foundations and Underground Structures» Chair of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: building of buildings and structures in difficult engineering and geological and mining-and-geological conditions.

Kuhar Anna Vladimirovna post graduate student of the «Bases, Foundations and Underground Structures» Chair of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: building of buildings and structures on karst dangerous territories.