



(17)-0360-1

## **ВЛИЯНИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОСНОВАНИЯ ПРИ ПОДРАБОТКЕ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МНОГОЭТАЖНОГО КАРКАСНОГО ЗДАНИЯ**

**В. В. Яркин<sup>1</sup>, Т. В. Морозова<sup>2</sup>, Е. О. Брыжатая<sup>3</sup>**

*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,  
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.  
E-mail: <sup>1</sup>yarkinvo@mail.ru, <sup>3</sup>kate88.88@bk.ru*

*Получена 12 мая 2017; принята 23 июня 2017.*

**Анотация.** В статье выполнен анализ влияния вынужденных перемещений основания на подрабатываемых территориях на распределение дополнительных усилий в элементах многоэтажного каркасного здания при различной податливости основания и различном конструктивном решении каркаса здания. Рассмотрен способ уточнения вынужденных перемещений основания по результатам геодезического мониторинга. Приведены рекомендации по изменению податливости основания в процессе эксплуатации здания для снижения в элементах каркаса дополнительных усилий, вызванных подработкой.

**Ключевые слова:** подрабатываемые территории, коэффициент жесткости основания, вынужденные перемещения основания, дополнительные усилия.

## **ВПЛИВ ВИМУШЕНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ОСНОВИ ПРИ РОЗРОБЦІ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН БАГАТОПОВЕРХОВОЇ КАРКАСНОЇ БУДІВЛІ**

**В. В. Яркін<sup>1</sup>, Т. В. Морозова<sup>2</sup>, К. О. Брижата<sup>3</sup>**

*ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,  
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.  
E-mail: <sup>1</sup>yarkinvo@mail.ru, <sup>3</sup>kate88.88@bk.ru*

*Отримана 12 травня 2017; прийнята 23 червня 2017.*

**Аннотація.** У статті виконано аналіз впливу вимушених переміщень земної поверхні на підроблюваних територіях на розподіл додаткових зусиль в елементах багатоповерхової каркасної будівлі при різній піддатливості основи і різному конструктивному рішенні каркаса будівлі. Розглянуто спосіб уточнення вимушених переміщень основи за результатами геодезичного моніторингу. Наведено рекомендації щодо зміни жорсткості основи в процесі експлуатації будівлі для зниження в елементах каркаса додаткових зусиль, викликаних розробкою.

**Ключові слова:** підроблювані території, коефіцієнт жорсткості основи, вимушені переміщення земної поверхні, додаткові зусилля.

## INFLUENCE OF FORCED DISPLACEMENT OF EARTH SURFACE IN UNDERMINING AREA ON THE STRESS-STRAIN STATE OF MULTISTORIED FRAME BUILDING

**Viktor Iarkin<sup>1</sup>, Tatyana Morozova<sup>2</sup>, Kateryna Bryzhata<sup>3</sup>**

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,*

*2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup>yarkinvv@mail.ru, <sup>3</sup>kate88.88@bk.ru*

*Received 12 May 2017; accepted 23 June 2017.*

**Abstract.** In the article the analysis by the influence of forced displacements of earth surface in an undermining area to additional forces distribution in the elements of multistoried frame building with different rigidity of base and different construction solution of the frame of building has been carried out. The method of clarifying the forced displacements of earth surface by the results of geodesic monitoring has been considered. Recommendations are given for changing rigidity of base during the process of use of a building to reduce the additional forces in the frame elements caused by undermining.

**Keywords:** undermining area, base rigidity index, forced displacements of earth surface, additional forces.

### Формулирование проблемы

Строительство и эксплуатация зданий на подрабатываемых территориях значительно усложнены вследствие проявления в период эксплуатации неравномерных деформаций основания. Используемые в настоящее время методы расчета при строительстве на подрабатываемых территориях в большинстве случаев основаны на линейной зависимости между напряжениями и деформациями в материале конструкций и не учитывают изменения жесткостных характеристик строительных конструкций и основания фундаментов в процессе их взаимодействия. Это приводит к недоиспользованию несущей способности конструкций каркасных зданий, завышению расчетных значений усилий, дополнительно вызванных неравномерными деформациями основания, величина которых непосредственно зависит от относительной жесткости системы. Соответственно при расчете зданий и сооружений, возводимых на подрабатываемых территориях, возникает необходимость решения сложной комплексной задачи, состоящей из:

- оценки жесткости сооружения (податливости отдельных элементов и связей между ними с учетом физической и конструктивной нелинейности);
- оценки жесткости основания и ее возможного изменения в процессе эксплуатации;

- решения контактной задачи, т. е. учета взаимодействия сооружения и деформируемого основания.

### Анализ последних исследований и публикаций

За последние годы разработан целый ряд предложений по расчету каркасных зданий в стадии эксплуатации на воздействие неравномерных деформаций основания. Существующие к настоящему времени методы расчета весьма разнообразны вследствие различных допущений и гипотез, положенных в основу каждого метода. В связи с этим каждый метод имеет определенные границы применения. Вопросами расчета каркасных зданий в сложных инженерно-геологических условиях занимались многие отечественные и зарубежные исследователи. Принципиальные положения существующих методов расчета приведены в работах М. И. Горбунова-Посадова, Б. И. Далматова, В. К. Егупова, С. Н. Клепикова [1], А. А. Козачевского, Б. А. Косицына, В. И. Лишака [2], А. А. Петракова [3], П. П. Шагина, Б. А. Гарагаша [4] и др. [5, 6]. Применение гипотез и допущений объясняется тем, что системе «здание – основание», представляющую собой весьма сложную, многократно статически неопределимую систему, ряд параметров которой обладает известной неопределенностью,

прямым путем рассчитать невозможно без существенной ее идеализации, какой является расчетная схема. Все имеющееся многообразие расчетных схем классифицируют по нескольким основным признакам. По характеру учета пространственной работы расчетные схемы подразделяются на одно-, двух- и трехмерные. По характеру неизвестных несущая система многоэтажных каркасных зданий может быть схематизирована различными расчетными моделями: дискретными, континуальными и дискретно-континуальными. Обычно расчетные схемы каркасных зданий в сложных геологических условиях принимают в виде плоских продольных и поперечных рам, опирающихся на деформируемое основание. Для определения контактных давлений в основании фундаментов, как правило, используются расчетные модели, схематически описывающие природные механические свойства грунтовой среды [7, 8, 9].

Анализ, выполненный в этом направлении, показал, что для рассматриваемых в настоящей работе задач наиболее приемлемой является модель переменного коэффициента жесткости основания, предложенная С. Н. Клепиковым [1]. Применение переменного коэффициента жесткости позволяет учесть как деформации общего характера, распространяющиеся за пределы нагруженной площади, так и местные деформации, развивающиеся только непосредственно под нагрузкой. При этом может учитываться как линейная, так и нелинейная зависимость между напряжениями и деформациями, что особенно важно при расчете зданий на подрабатываемых

территориях, так как вынужденные перемещения основания приводят к существенному перераспределению контактных давлений вплоть до отрыва подошвы фундаментов от основания [10]. Соответственно на отдельных участках контактные давления могут превысить предел линейной деформируемости основания. Применение переменного коэффициента жесткости С. Н. Клепикова позволяет также учитывать вынужденные перемещения основания, вызванные воздействием подработки. При этом контактную задачу можно свести к расчету конструкций, опирающихся на элементы постоянной или переменной жесткости, моделирующие работу грунтового основания.

### Цель

Исследование влияния вынужденных перемещений основания при подработке на распределение дополнительных усилий в элементах многоэтажного каркасного здания при различной податливости основания.

### Основной материал

При подработке здание подвергается сложному деформационному воздействию со стороны основания, которое можно разложить на простые формы, основными из которых являются: кривизна земной поверхности, наклоны земной поверхности, относительные горизонтальные деформации сжатия или растяжения (рис. 1) и уступы. Особенностью деформаций земной

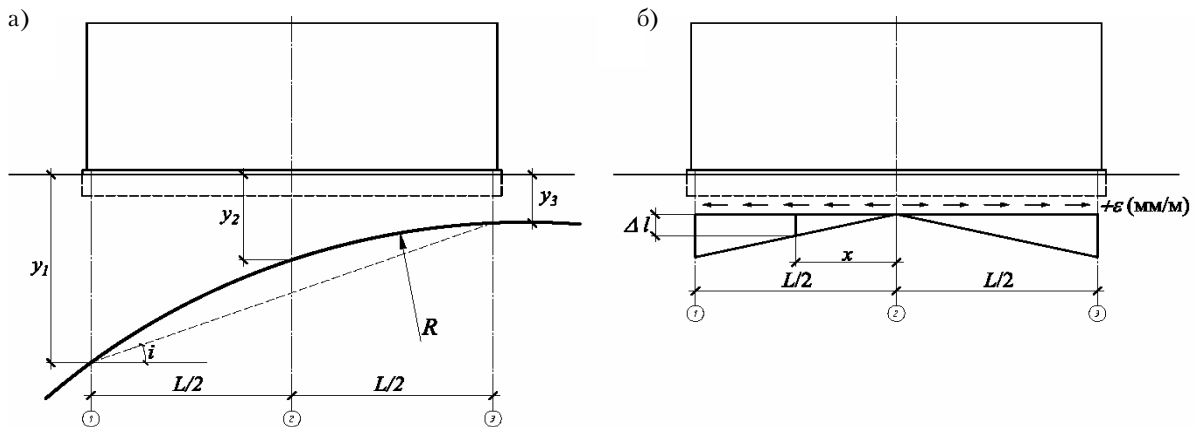


Рисунок 1. Перемещения земной поверхности в пределах здания или отсека: а) вертикальные, б) горизонтальные.

поверхности на подрабатываемых территориях является то, что они не зависят от нагрузки на основание и происходят даже при незагруженной поверхности, в связи с чем они моделируются соответствующими вынужденными перемещениями основания.

Деформации земной поверхности определяются расчетом при горно-геологическом обосновании строительства, однако при технической диагностике зданий, эксплуатирующихся на подрабатываемых территориях, возможно их уточнение по результатам геодезического мониторинга [11].

Расчетное значение наклона и радиуса кривизны земной поверхности в пределах здания или отсека по результатам геодезического мониторинга можно определить по формулам

$$i = \frac{(y_3 - y_1)}{L}, \quad (1)$$

$$R = \frac{L^2}{8 \cdot (y_1 - y_2) + 4 \cdot i \cdot L}, \quad (2)$$

где  $y_1, y_3, y_2$  – оседания земной поверхности от подработки соответственно по торцам и в центре здания или отсека (рис. 1а);

$L$  – длина здания или отсека.

Расчетные значения относительных горизонтальных деформаций сжатия или растяжения по результатам геодезического мониторинга можно определить по измерениям горизонтальных перемещений земной поверхности относительно центра здания или отсека.

При строительстве и эксплуатации зданий на подрабатываемых территориях деформации земной поверхности передаются на каркас зда-

ния в виде угловых и линейных перемещений основания (горизонтальных (рис. 1б) и вертикальных (рис. 2б)), вызывая в его элементах дополнительные усилия. Если продольные силы в стойках каркаса от расчетных нагрузок составляют свыше 10 % значения критической силы, то многоэтажные каркасные здания следует рассчитывать на воздействие наклона земной поверхности (рис. 2а). В случаях, когда несущая способность колонн, опирающихся на отдельно стоящие фундаменты, недостаточна для восприятия усилий от горизонтальных деформаций земной поверхности, а дальнейшее усиление колонн или уменьшение длины отсеков нецелесообразно, между фундаментами предусматриваются связи-распорки в одном или двух уровнях [12].

Дополнительные усилия в элементах каркаса от воздействия подработки могут существенно превышать усилия от основного сочетания нагрузок и приводить к разрушениям и потере устойчивости как отдельных конструкций, так и здания в целом. Общеизвестно, что распределение усилий в конструкциях зависит от соотношения жесткостных характеристик сооружения и основания [1]. На основании этого проектирование зданий на подрабатываемых территориях осуществляют по жесткой либо податливой конструктивной схеме [13, 12].

Каркасные здания, возводимые на подрабатываемых территориях, как правило, проектируются по податливым и комбинированным конструктивным схемам. При этом на подрабатываемых территориях I и II групп предпочтение следует отдавать зданиям с металлическим каркасом, так как металлический каркас менее чув-

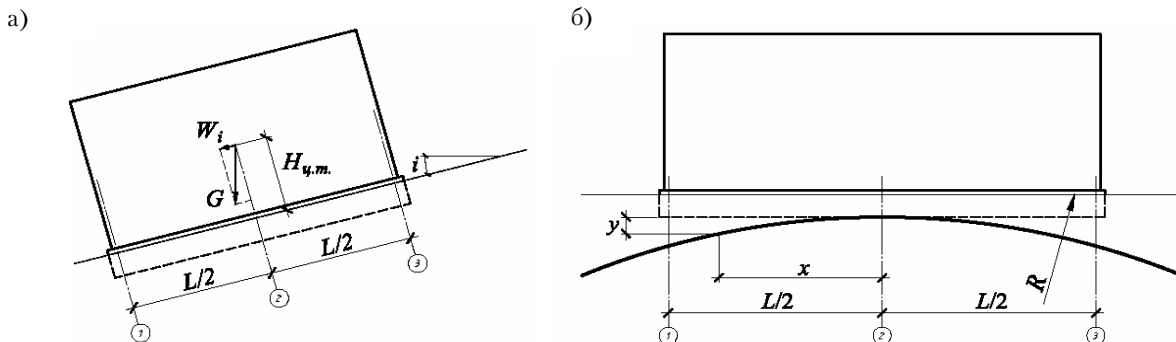


Рисунок 2. Схемы для определения воздействий и вынужденных перемещений: а) от наклона, б) от кривизны земной поверхности.

ствителен к неравномерным деформациям основания. Например, для зданий с металлическим каркасом предельные горизонтальные перемещения оснований фундаментов от 2,5 до 5,0 раз больше, чем для железобетонного каркаса [12]. По жестким конструктивным схемам проектировать каркасные здания допускается только при соответствующем технико-экономическом обосновании. Многоэтажные каркасные здания следует проектировать в виде комбинированных конструктивных и связевых систем с блоком жесткости, расположенным в центре здания или отсека. В этом случае дополнительные усилия в элементах каркаса от вертикальных перемещений основания будут минимальными, а возникающие повреждения в ограждающих конструкциях устраняются при выполнении ремонтных работ, выполняемых по завершению активной стадии сдвижения. Расчет каркаса в нелинейной постановке с учетом диаграмм деформирования материалов также позволяет снизить величину дополнительных усилий [14, 15, 16].

Также величину дополнительных усилий в элементах каркаса здания можно уменьшить путем снижения жесткости основания.

Целенаправленное снижение жесткости основания по боковой поверхности и по подошве можно осуществить различными способами, например: применением сильно сжимаемых обратных засыпок, применением легко деформируемых вставок, размещаемых по подошве и боковой поверхности фундаментов, устройством подготовки под фундамент переменной жесткости либо выполнением подошвы фундамента в виде зубчатой поверхности [17, 18]. Кроме того, расчетную жесткость основания на перегруженных участках можно снизить, определяя деформации основания с учетом нелинейной работы грунта [1, 19].

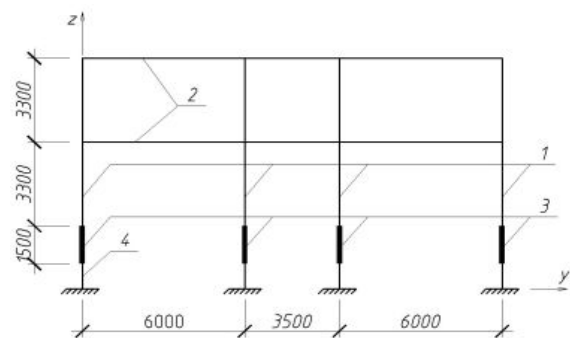
В данной работе исследовалось распределение дополнительных усилий в элементах многоэтажного каркасного здания от вынужденных перемещений земной поверхности при различных значениях податливости основания [20].

В качестве объекта исследования в данной работе был выбран двухэтажный каркас рамно-связевого типа. Расчетная схема объекта исследования представлена в виде плоской двухэтажной, трехпролетной поперечной рамы, состоящей из стержневых конечных элементов (рис. 3).

Основание моделировалось стержневыми элементами с жесткостными характеристиками ( $EI$ ,  $EI$ ,  $GF$ ), зависящими от коэффициента жесткости основания [1, 3, 21]. При этом коэффициент жесткости основания  $C_z$  варьировался на нескольких уровнях: 2 000; 5 000; 10 000 кН/м<sup>3</sup>. Жесткостные характеристики сечения стержней, моделирующих конструкции здания, принимались в соответствии с [15, 22] и в процессе расчета не изменялись. Расчет производился при помощи программного комплекса ЛИРА–САПР 2013, основанного на методе конечных элементов [23]. Расчеты выполнялись на основное сочетание нагрузок (постоянная + временная + ветер слева) и особое сочетание нагрузок (воздействие подработки). При этом воздействие подработки в расчетной схеме учитывалось вынужденными перемещениями опорных узлов стержней, моделирующих основание [1, 24].

В особом сочетании нагрузок учитывались раздельное воздействие горизонтальных деформаций земной поверхности и кривизны земной поверхности. Кривизна земной поверхности учитывалась вертикальным смещением и угловым поворотом опорных узлов стержней, моделирующих основание. Значения вынужденных перемещений основания принимались для четырех групп подрабатываемых территорий (табл. 1) по средним значениям соответствующих деформаций для каждой группы [13].

При этом распределение усилий ( $M$ ,  $Q$ ,  $N$ ) в элементах каркаса определялось для различных значений коэффициента жесткости основания. В качестве наиболее неблагоприятного было выбрано сочетание воздействий при попадании



**Рисунок 3.** Расчетная схема поперечной рамы: 1 – колонны; 2 – ригель; 3 – фундамент; 4 – стержень, моделирующий основание.

**Таблица 1.** Вынужденные перемещения основания крайних и средних колонн для четырех групп подрабатываемых территорий

Группы подрабатываемых территорий	Вынужденные перемещения основания					
	горизонтальные перемещения, м		вертикальные перемещения, м		поворот, рад.	
	крайняя	средняя	крайняя	средняя	крайняя	средняя
I	0,0775	0,0175	0,0150	0,0008	0,00388	0,00088
II	0,0504	0,0114	0,0060	0,0003	0,00155	0,00035
III	0,0310	0,0070	0,0032	0,0002	0,00082	0,00018
IV	0,0116	0,0026	0,0015	0,0001	0,00039	0,00009

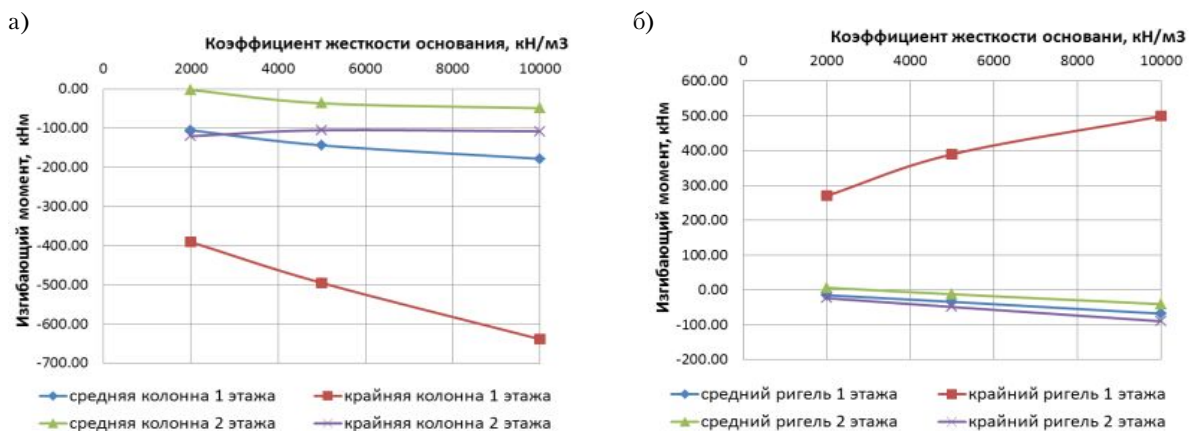
здания на край мульды сдвижения: кривизна выпуклости и горизонтальные деформации растяжения. Максимальные дополнительные изгибающие моменты в элементах каркаса от воздействия деформаций земной поверхности, соответствующих I группе подрабатываемых территорий (средним значениям для группы), при различных значениях коэффициента жесткости основания показаны на рис. 4.

### Выводы

1. Дополнительные усилия в элементах рамного каркаса от воздействия подработки могут существенно превышать усилия от основного сочетания нагрузок.
2. Максимальные дополнительные усилия от воздействия подработки будут возникать в основном от действия горизонтальных деформаций земной поверхности. При этом максимальные дополнительные изгибающие

моменты и поперечные силы возникают в крайних колоннах и ригелях первого этажа, а максимальные продольные силы в средних ригелях первого и второго этажей.

3. Увеличение податливости основания позволяет снизить максимальные дополнительные усилия почти в два раза, то есть, по сути, уменьшить вредное воздействие подработки до значений более легкой группы подрабатываемых территорий.
4. Учет нелинейного деформирования грунтов основания и конструкций каркаса позволяет более точно определять усилия, возникающие в элементах рамного каркаса. При этом пониженные значения дополнительных усилий позволяют применять более экономичные решения конструкций.
5. Мероприятия по снижению жесткости основания можно применять в сочетании с мероприятиями по повышению жесткости конструктивных элементов здания либо допол-



**Рисунок 4.** Зависимость дополнительных изгибающих моментов от податливости основания: а) в колоннах; б) в ригелях.

нительными элементами, позволяющими воспринимать усилия от подработки, например, в сочетании со связями-распорками.

- Увеличение податливости основания целесообразно осуществлять путем применения саморегулирующихся фундаментов [18] с ограничением осадки предельно допустимой величины. При этом существенное снижение жесткости основания может происходить за счет образования под подошвой саморегулирующихся фундаментов временных, локальных зон сдвигов (выпора) грунта. Соответственно коэффициент жесткости основания

требуется определять с учетом нелинейных деформаций грунта [1, 19].

- Для снижения дополнительных усилий в каркасе от вынужденных перемещений основания возможно также применение различных видов регулируемых фундаментов, позволяющих исправлять положение колонны по вертикали [25, 26, 27]. В этом случае регулирование высоты фундамента в конечно элементной расчетной схеме можно выполнить путем задания соответствующих температурных деформаций вдоль стержня, моделирующего фундамент.

## Литература

- Клепиков, С. Н. Расчет сооружений на деформируемом основании [Текст] / С. Н. Клепиков. – К. : НИИСК, 1996. – 204 с.
- Лишак, В. Н. Расчет бескаркасных зданий с применением ЭВМ [Текст] / В. Н. Лишак. – М. : Стройиздат, 1977. – 176 с.
- Петраков, А. А. Рекомендации по расчету пространственных систем зданий и сооружений на подрабатываемых территориях [Текст] / А. А. Петраков, Ю. И. Мальцев. – Донецк : Ротапринт Донецкого ПромстройНИИпроекта, 1984. – 87 с.
- Гарагаш, Б. А. Надежность пространственных регулируемых систем «основание – сооружение» при неравномерных деформациях основания [Текст] : Учебное издание. В 2-х томах. Том 1 / Б. А. Гарагаш. – М. : АСВ, 2012. – 416 с.
- Золотозубов, Д. Г. Строительство на подрабатываемых и карстоопасных территориях [Текст] : учеб. пособие / Д. Г. Золотозубов, А. Б. Пономарев, Е. Н. Сычкина. – Пермь : ПНИПУ, 2012. – 138 с.
- Deck, Olivier. Taking the soil-structure interaction into account in assessing the loading of a structure in a mining subsidence area [Текст] / Olivier Deck, Marwan Al Heib, Françoise Homand // *Engineering Structures*. 2003. Vol. 25. P. 435–448.
- Кашеварова, Г. Г. Численное моделирование деформирования и разрушения системы «здание – фундамент – основание» [Текст] / Г. Г. Кашеварова, Н. А. Труфанов. – Екатеринбург ; Пермь : УрО РАН, 2005. – 225 с.
- Dutta, Sekhar Chandra. A critical review on idealization and modeling for interaction among soil-foundation-structure system [Текст] / Sekhar Chandra Dutta, Rana Roy // *Computers and Structures*. 2002. Vol. 80. P. 1579–1594.

## References

- Klepikov, S. N. Calculation of constructions on the deformable bases. Kiev: NIISK, 1996. 204 p. (in Russian)
- Lishak, V. N. Analysis of frameless building using computer. Moscow: Stroiizdat, 1977. 176 p. (in Russian)
- Petrakov, A. A.; Maltsev, Yu. I. Recommendations on three-dimensional analysis of buildings and structures at undermining area. Donetsk: Offset press for offices of Donetsk Promstroy RDE project, 1984. 87 p. (in Russian)
- Garagash, B. A. Reliability of space controlled system «structure base» when nonuniform deformation of foundation. In two parts. The first part. Moscow: ASB, 2012. 416 p. (in Russian)
- Zolotozubov, D. G.; Ponomarev, A. B.; Sychkina, E. N. Construction at undermining and karst dangerous area. Perm: PNIPU, 2012. 138 p. (in Russian)
- Deck, Olivier; Heib, Marwan Al; Homand, Françoise. Taking the soil-structure interaction into account in assessing the loading of a structure in a mining subsidence area. In: *Engineering Structures*, 2003, 25, pp. 435–448.
- Kashevarova, G. G.; Trufanov, N. A. Numerical modeling of deformation and destruction of the building-foundation-basis system. Ekaterinburg; Perm: UrO RAN, 2005. 225 p. (in Russian)
- Dutta, Sekhar Chandra; Roy, Rana. A critical review on idealization and modeling for interaction among soil-foundation-structure system. In: *Computers and Structures*, 2002, 80, pp. 1579–1594.
- Coduto, Donald P. Foundation Design: Principles and Practices. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001. 883 p.
- Timchenko, R. A.; Bogatynskiy, A. V. The calculation of the round foundation on the undermined territories.

9. Coduto, Donald P. Foundation Design: Principles and Practices [Текст] / Donald P. Coduto. – 2nd ed. – New Jersey : Prentice Hall, 2001. – 883 p.
10. Тимченко, Р. А. Расчет круглого фундамента на подрабатываемых территориях [Текст] / Р. А. Тимченко, А. В. Богатынский // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. 2013. Т. 2, № 3(38). С. 344–351.
11. Лобов, М. И. Воздействие подработки на здания и сооружения [Текст] / М. И. Лобов, Т. В. Морозова // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. 2016. Вип. 2016–6(122). С. 110–114.
12. СП 21.13330.2012. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах [Текст]. Актуализированная редакция СНиП 2.01.09-91. – Введ. 2013–01–01. – М. : Минрегион России, 2012. – 73 с.
13. ДСТУ-Н-Б-В.1.1-42:2016. Настанова щодо проектування будівель і споруд на підроблюваних територіях [Текст]. – Уведено вперше ; чинний з 2017–04–01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 68 с.
14. Тихий, М. Расчет железобетонных рамных конструкций в пластической стадии. Перераспределение усилий [Текст] : Пер. с чешск. / М. Тихий, Й. Ракосник. – М. : Стройиздат, 1976. – 198 с.
15. Емец, Е. В. Напряженно-деформированное состояние несущих железобетонных конструкций каркасных зданий, взаимодействующих с неравномерно деформируемым основанием [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / Е. В. Емец. – Макеевка, 2003. – 119 с.
16. Дыховичный, А. А. Статически неопределимые железобетонные конструкции [Текст] / А. А. Дыховичный. – К. : Будівельник, 1978. – 108 с.
17. Пат. 34886 Україна, МПК 6 E 02 D 27/00. Фундамент будівлі, споруди [Текст] / Петраков А. А., Азараев В. В., Тимченко Р. О. ; заявник та патентовласник Криворізький технічний університет. – № 99074068 ; заявл. 15.07.1999 ; опубл. 15.03.2001, Бюл. № 2. – 4 с.
18. Тимченко, Р. А. Работа плитных фундаментов-саморегуляторов на неравномерно-деформируемом основании [Текст] / Р. А. Тимченко, Д. А. Кришко // Современные проблемы строительства. 2010. № 13. С. 83–91.
19. Яркін, В. В. Определение осадок фундаментов за пределом линейной деформируемости основания [Текст] / В. В. Яркін // Будівельні конструкції. 2003. № 58. С. 217–222.
20. Писаренко, А. В. Распределение усилий в элементах каркасного здания с учетом влияния податливости основания на подрабатываемых территориях [Текст] / А. В. Писаренко, В. В. Яркін // Достижения и перспективы естественных и технических наук. 2015. № 6. С. 7–12.
21. Методические рекомендации по определению коэффициентов жесткости оснований зданий и сооружений [Текст] / НИИСК Госстроя СССР. – К., 1977. – 30 с.
- In: *Academic Journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering*, 2013, Vol. 2, No. 3(38), pp. 344–351.
22. SP 21.13330.2012. Buildings and structures on undermined territories and slumping soils. The statitized edition. SNiP 2.01.09-91. Moscow: Ministry of Regional Development of the Russian Federation, 2012. 73 p. (in Russian)
23. DSTU-N-B-V.1.1-42:2016. The resolution according to design of structures and constructions at undermining area. Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2017. 68 p. (in Ukrainian)
24. Tihiy, M.; Rakosnik, Y. Calculation of reinforced concrete frame designs in a plastic stage. Redistribution of efforts. Moscow: Stroizdat, 1976. 198 p. (in Russian)
25. Emets, E. V. The intense deformed state of the bearing reinforced concrete frame buildings of a design interacting having unevenly deformable basis: the thesis submitted for the Scientific Degree on competition of Candidate of Engineering: 05.23.01. Makeyevka, 2003. 119 p. (in Russian)
26. Dyhovichnyi, A. A. Statically indefinable reinforced concrete constructions. Kiev: Budivelnik, 1978. 108 p. (in Russian)
27. Patent 34886 Ukraine, MPK 6 E 02D 27/00 Base-ment of building or structure / Petrakov, Oleksandr Oleksandrovych; Azaraiev, Volodymyr Vasyliovych; Timchenko, Radomyr Oleksiiovych. No. 99074068; declaration 15.07.1999; published 15.03.2001, Bulletin 2. 4 p. (in Ukrainian)
28. Timchenko, R. A.; Krishko, D. A. Work of the slabby bases self-regulators on the uneven and deformable basis. In: *Modern problems of construction*, 2010, No. 13, pp. 83–91. (in Russian)
29. Iarkin, V. V. Determination of foundation settlement beyond a limit of linear deformability of the basis. In: *Building constructions*, 2003, No. 58, pp. 217–222. (in Russian)
30. Pisarenko, A. V.; Iarkin, V. V. Distribution of efforts in elements of the frame building taking into account influence of pliability of the basis at undermining area. In: *Achievements and prospects of natural and technical science*, 2015, No. 6, pp. 7–12. (in Russian)
31. NIISK of the SCC of the USSR. Methodical recommendations on determination of coefficients of foundation rigidity of buildings and constructions. Kiev, 1977. 30 p. (in Russian)
32. Veriuzhskii, Yu. V.; Kolchunov, V. I.; Barabash, M. S.; Genzerskii, Yu. V. Computer technologies of design of reinforced concrete design. Kiev: Book publishing house NAU, 2006. 808 p. (in Russian)
33. Gorodeckii, D. A.; Barabash, M. S.; Vodopianov, R. Yu. et al. Program complex Lira–SAPR 213: Textbook. Kiev; Moscow: Electronic edition, 2013. 376 p. (in Russian)



22. Компьютерные технологии проектирования железобетонных конструкций [Текст] : Науч. пособ. / Ю. В. Верюжский, В. И. Колчунов, М. С. Барабаш, Ю. В. Гензерский. – К. : Книжное изд-во НАУ, 2006. – 808 с.
23. Программный комплекс Лира–САПР 2013 [Текст] : Учебное пособие / Д. А. Городецкий, М. С. Барабаш, Р. Ю. Водопьянов [и др.]. – К. ; М. : Электронное издание, 2013. – 376 с.
24. Руководство по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях [Текст]. Ч II. Промышленные и гражданские здания / НИИСК Госстроя СССР, Донецкий ПромстройНИИпроект, КиевЗДНИИЭП, КиевНИИП-градоостроительства. – М. : Стройиздат, 1986. – 304 с.
25. Petrakov, O. Constructions with variable parameters and the device for correct the tilt of the buildings [Текст] / O. Petrakov, K. Bryzhata, N. Maslo // *Modern Industrial and Civil Construction*. 2016, Vol. 12, No. 4. P. 141–148.
26. Кухарь, А. В. Конструктивные меры защиты сооружений на карстоопасных территориях [Текст] : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / А. В. Кухарь. – Makeyevka, 2011. – 136 с.
27. Зотов, А. М. Регулируемые фундаменты каркасных зданий. Конструкция, технология и расчет при подъеме и выравнивании [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01, 05.23.08 / А. М. Зотов. – Ростов-на-Дону : РГСУ, 2013. – 26 с.
24. NIISK of the SCC of the USSR, Donetsk promstroy SRI project, Kiev ZDNIIEP, Kiev SRI-town planning. Recommendations on building and structure design at undermining area. The second part. Industrial and civil buildings. Moscow: Stroizdat, 1986. 304 p. (in Russian)
25. Petrakov, O.; Bryzhata, K.; Maslo, N. Constructions with variable parameters and the device for correct the tilt of the buildings. In: *Modern Industrial and Civil Construction*, 2016, Vol. 12, No. 4, pp. 141–148.
26. Kuhar, A. V. Constructive measures of constructions protection at the map dangerous areas: the thesis submitted for the Scientific Degree on competition of Candidate of Engineering. Makeyevka, 2011. 136 p. (in Russian)
27. Zotov, A. M. Adjustable foundations of frame buildings. Design, technology and analysis at rise and aligning: Author's abstract the thesis submitted for the Scientific Degree on competition of Candidate of Engineering: 05.23.01, 05.23.08. Rostov-on-Don: RGSU, 2013. 26 p. (in Russian)

**Яркин Виктор Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры оснований, фундаментов и подземных сооружений ГОУ ВПО «Донбасской национальной академии строительства и архитектуры». Научные интересы: взаимодействие зданий и сооружений с неравномерно деформируемым основанием. Строительство и проектирование зданий и сооружений в сложных инженерно и горно-геологических условиях.

**Морозова Татьяна Васильевна** – ассистент кафедры инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасской национальной академии строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование сдвижения земной поверхности и деформаций зданий и сооружений под действием подземных горных работ.

**Брыжата Екатерина Олеговна** – аспирант кафедры оснований, фундаментов и подземных сооружений ГОУ ВПО «Донбасской национальной академии строительства и архитектуры». Научные интересы: конструкции с изменяемыми параметрами для исправления кренов сооружений.

**Яркін Віктор Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри основ, фундаментів та підземних споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: взаємодія будівель і споруд з нерівномірно деформуючою основою. Будівництво та проектування будівель і споруд в складних інженерно та горно-геологічних умовах.

**Морозова Тетяна Васи́лівна** – асистент кафедри інженерної геодезії ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вишукування зрушення земної поверхні та деформації будівель і споруд під впливом підземних гірничих робіт.

**Брижата Катерина Олегівна** – аспірант кафедри основ, фундаментів та підземних споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: конструкції із змінними параметрами для виправлення кренів споруд.

**Iarkin Viktor** – Ph.D. (Engineering), Associate Professor; Basements, Foundations and Underground Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: interaction of buildings and structures with unevenly deformable grounds, construction and design of buildings and structures in difficult ground (geotechnical) conditions.

**Morozova Tatyana** – assistant, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of subsidence of Earth surface and deformations of buildings and constructions under the influence of underground mountain works.

**Bryzhata Kateryna** – assistant, Basements, Foundations and Underground Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: Constructions with variable parameters to correct the tilts in buildings.