



ISSN 1993-3517 online

**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ  
МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ  
METAL CONSTRUCTIONS**

2018, ТОМ 24, НОМЕР 3, 123–131  
УДК 624.014.27

(18)-0381-1

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЯЖЕЙ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ КАМЕННЫХ СТЕН**

**В. В. Губанов, Я. А. Зикий, А. В. Пчеленко**

*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,  
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.  
E-mail: ar-r\_@mail.ru*

*Получена 22 августа 2018; принята 21 сентября 2018.*

**Аннотация.** В статье рассматривается влияние установки ненапрягаемых горизонтальных стальных тяжей по периметру здания на вертикальные и горизонтальные деформации несущих стен каменных зданий. В качестве исходных данных приняты здания из крупных блоков и здания из кирпичей, нагруженные постоянными и временными нагрузками. В качестве особых воздействий задавались вертикальные смещения грунта, соответствующие различным радиусам мульды сдвижения вследствие подработки. Напряженно-деформированное состояние зданий было определено на основании численных расчетов с использованием объемной расчетной схемы. Были получены зависимости деформаций стен от площади тяжей, устанавливаемых в уровне каждого перекрытия. Для обобщения полученных результатов были получены значения деформаций в зависимости от относительных осадок зданий. Определено, что снижение горизонтальных деформаций несущих стен составляет 1,5...2,5 (коэффициент эффективности 0,67...0,4) при условии относительной осадки не более 0,004. В целом исследование показало низкую эффективность использования ненапрягаемых тяжей для усиления каменных стен.

**Ключевые слова:** каменные здания, подработки, неравномерная осадка, численные исследования, усиление, ненапрягаемые тяжи.

## **ВИВЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЯЖІВ ДЛЯ ПІДСИЛЕННЯ КАМ'ЯНИХ СТІН**

**В. В. Губанов, Я. О. Зікій, А. В. Пчеленко**

*ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,  
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.  
E-mail: ar-r\_@mail.ru*

*Отримана 22 серпня 2018; прийнята 21 вересня 2018.*

**Аннотация.** У статі розглянуто вплив встановлення ненапружених горизонтальних сталевих тяжів по периметру будівлі на вертикальні та горизонтальні деформації несучих стін кам'яних будівель. За вихідні дані прийняті будівлі з великих блоків і будівлі з цегли, навантажені постійними і тимчасовими навантаженнями. В якості особливих впливів задавалися вертикальні зміщення ґрунту, які відповідають різним радіусам мульди зрушення внаслідок підробки. Напружено-деформований стан будівель було визначено на підставі чисельних розрахунків з використанням об'ємної розрахункової схеми. Були отримані залежності деформацій стін від площі тяжів, що встановлюються в рівні кожного перекрыття. Для узагальнення отриманих результатів були отримані значення деформацій залежно від відносного осідання будівель. Визначено, що зниження горизонтальних деформацій несучих стін становить 1,5 ... 2,5 (коефіцієнт ефективності 0,67 ... 0,4) за умови відносного осідання не більше 0,004. В цілому дослідження показало низьку ефективність використання ненапружених тяжів для посилення кам'яних стін.

**Ключові слова:** кам'яні будівлі, підробка, нерівномірне осідання, чисельні дослідження, підсилення, ненапружені тяжи.

## STUDIES OF EFFICIENCY OF TIE ROD USAGE FOR MASONRY WALL STRENGTHENING

Vadim Gubanov, Yana Zikii, Alina Pchelenko

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,  
2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.

E-mail: ap-r\_@mail.ru

Received 22 August 2018; accepted 21 September 2018.

**Abstract.** In the paper the influence of nontensional horizontal steel tie rods installation in a building perimeter on vertical and horizontal deformations of bearing walls of stone buildings is considered. Buildings of large blocks and bricks, loaded with constant and temporary loads were taken as initial data. By the way of the special effects it has been given ground vertical shifts which are accorded to mould radii of displacement through underworking. The stress-strain state of buildings was determined on the basis of numerical calculations using 3D models. The dependence of wall deformations from an area of ties to be installed at each floor level was obtained. For generalization the values of deformations were received as a function of an uneven relative settlement. It has been determined that the horizontal deformations is reducing up to 1,5...2,5 times (efficiency factor of 0,67...0,4) while a relative settlement does not exceed of 0,004. The research has demonstrated a usage of untensioned tie rods to be not effective in all for masonry wall strengthening.

**Keywords:** masonry buildings, undermining, uneven settlement, numerical studies, strengthening, untensioned tie rods.

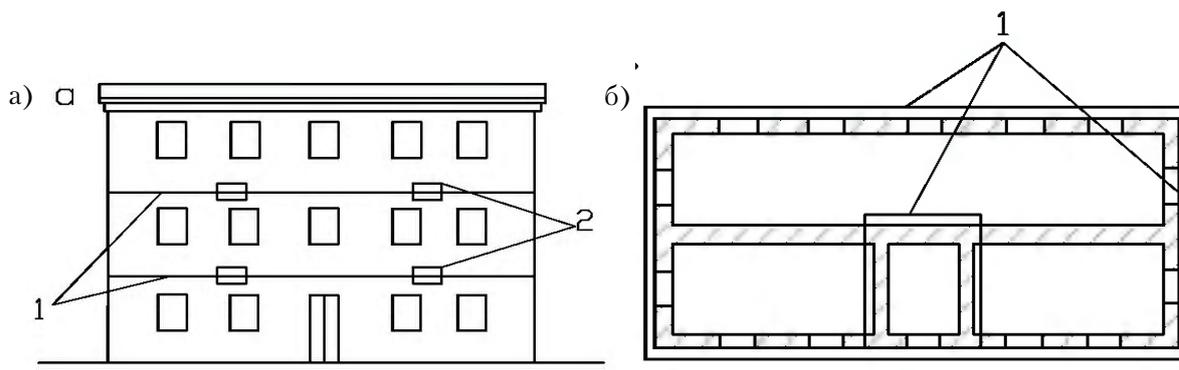
### Введение

Многие здания в процессе эксплуатации испытывают неравномерные осадки основания, вызванные ошибками проектирования, изменениями физических характеристик оснований или влиянием подрботок [2, 3]. Вследствие этого возникают горизонтальные и вертикальные деформации надземных конструкций, повреждения каменных конструкций в виде трещин и др. [4, 5, 11, 12]. Устройство стальных тяжей в уровне перекрытий является одним из действенных методов повышения пространственной жесткости зданий в условиях наличия неравномерных деформаций и вертикальных трещин [5, 7]. Тяжи из круглой арматурной стали диаметром 28...38 мм устанавливаются в борозды, пробитые по периметру здания в уровне междуэтажных перекрытий (рис. 1). Опорами тяжей на углах здания являются уголки, предохраняющие кладку стен от местного смятия и передающие усилия обжатия на большую площадь. Натяжение выполняют стяжными муфтами; его эффективно совмещать с термическим натяжением.

Натяжение стальных тяжей обычно производится с целью обеспечения совместной работы тяжей и каменных стен, а не для снижения деформаций, как в предварительно напряженных

железобетонных конструкциях. Поэтому натяжение производят с помощью рычага длиной 1,5 м с усилием 300...400 Н после предварительного разогрева тяжей. Опыт использования стальных тяжей свидетельствует об экономичности этого метода, достигаемой в результате замены дорогостоящих и трудоемких работ по усилению оснований и фундаментов на сравнительно легко выполнимые работы, а также о его надежности [3, 7]. Обобщая опыт применения стальных тяжей, можно выделить случаи, когда их использование является экономически целесообразной альтернативой использованию монолитных железобетонных конструкций при ремонтах и восстановлении эксплуатационной пригодности гражданских зданий с несущими стенами из кирпича, шлакоблоков или бетонных блоков:

1. Объектом усиления является значительная часть конструктивной системы здания или здание в целом. Это необходимо в случаях, когда повреждения или распространяются на большом объеме конструкций (например — наружные кирпичные стены), или приводят к значительному недопустимому снижению несущей способности (простенки, опирание плит перекрытия и т. д.).



**Рисунок 1.** Усиление наружных стен установкой стальных тяжей: а) фасад здания; б) план здания; 1) стальные тяжи; 2) стяжные муфты.

2. Здание построено до введения требований на строительство на подрабатываемых территориях. В этом случае отсутствуют горизонтальные пояса жесткости, распорки в уровне фундаментов и т. д., а также не выполнены многие другие конструктивные требования, ограничивающие деформации конструкций здания от неравномерного смещения фундаментов.
3. Имеют место неравномерные осадки основания, вызванные различными геофизическими процессами, происходящими в основаниях зданий.
4. Допускается минимальное вмешательство в функционирование внутреннего объема здания, т.е. когда имеется необходимость проведения большинства работ снаружи здания. Существенным фактором является также значительно меньшая продолжительность строительно-монтажных работ при использовании металлоконструкций и при проведении работ в сложных погодных условиях, например при низкой температуре наружного воздуха. Максимальное использование сборных элементов заводского изготовления и болтовых соединений позволяет резко снизить зависимость от погодных условий.

Следует отметить, что в имеющихся исследованиях вопросы, касающиеся количественной оценки результатов устройства тяжей, практически не рассматриваются. В значительной части работ, посвященных усилению каменных конструкций, расчет усилий в тяжях не приводится [13, 14]. В работах, посвященных расчету стальных тяжей [3, 5, 7], определяются только усилия в

тяжах на основе приблизительных моделей, в которых неравномерная осадка вызывается изменением модуля упругости основания. Поэтому целью данной работы является исследование количественных параметров влияния установки тяжей на деформации зданий при использовании принятых в нормативных документах моделей работы основания в условиях подработок [9, 10] с использованием объемных расчетных схем [15].

#### Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследования были выбраны одни из наиболее распространенных в нашем регионе малоэтажные типовые жилые здания:

1. Пятиэтажное блочное здание с размерами 37,2×12,6×17,18 м и с продольными несущими стенами.
2. Трехэтажное трехсекционное кирпичное здание с размерами в плане 48,4×10,8 и высотой 10,84 м.

Для этих типов зданий были созданы объемные модели в среде расчетного комплекса «ЛИРА САПР» [6], при этом для блочного здания отдельно моделировались сами блоки и связующие межблочные швы. На основании численных расчетов моделей в условиях подработок были получены поля напряжений в стенах зданий, их деформации, вертикальные и горизонтальные смещения. На основе специально разработанной методики были определены количественные и качественные характеристики распространения

трещин в несущих стенах. Полученные результаты затем использовались для оценки эффективности конструкций ненапрягаемыми тяжами. Подробное изложение особенностей моделирования совместной работы оснований и конструкций здания, а также трещинообразования приведено в [1].

Для анализа эффективности усиления ненапрягаемыми элементами были выполнены численные исследования на основе разработанных расчетных схем зданий. В расчетную модель элементы усиления были введены в виде эквивалентных стержней, соответствующих жесткой обвязке. Данные стержни устанавливались в уровне каждого перекрытия. Длина стержней принята 3 м. На концах стержни закреплены в направлениях  $x$ ,  $y$  и  $z$ . Элементы усиления выполнены типом «КЭ – 10» – универсальный пространственный стержневой КЭ (рис. 2). Жесткость моделирующих стержней принималась так, чтобы соответствовать деформационным характеристикам действительных стержней, т. е.:

$$N \times \frac{l_{\partial}}{EA_{\partial}} = N \times \frac{l_{\text{мод}}}{EA_{\text{мод}}};$$

где  $E$  – модуль упругости стали элементов усиления;

$A_{\text{мод}}$  – площадь сечения эквивалентных стержней в модели;

$A_{\partial}$  – действительная площадь элементов усиления (в табл. 1 приведены соотношения площадей элементов);

$l_{\text{мод}}$  – длина эквивалентного стержня в элементе;

$l_{\partial}$  – действительная длина элементов усиления.

Таблица 1. Площади сечения элементов усиления

Площадь сечения действительная, см <sup>2</sup>	Площадь сечения эквивалентных стержней, см <sup>2</sup>
1	2
25	1,96
100	7,85
225	17,67

Расчеты были выполнены для мульды сдвижения радиусом 1, 3 и 7 км. Для использования полученных результатов при других типах неравномерных осадок основания был осуществлен переход к относительной осадке (табл. 2), которая определяется по формуле:

$$\Delta_{\text{отн}} = \frac{\Delta_{\text{абс}}}{L/2};$$

где  $\Delta_{\text{абс}}$  – максимальная осадка основания на уровне низа фундаментов крайних несущих стен, т. е. учитываются упругие свойства основания, которые снижают значение вертикального смещения, соответствующего цилиндрической мульде сдвижения. Так, для радиуса 1 км разность этих величин составляет  $0,4...0,27 = 0,13$  м, т. е. 33 %;

$L/2$  – половина длины продольной стены здания.

Для оценки эффективности усиления вычислялся соответствующий коэффициент эффективности усиления, равной отношению расчетных параметров с выполнением усиления тяжами  $\Delta x_{\text{yc}}$  и без выполнения усиления  $\Delta x_{\text{без yc}}$ :

$$k = \Delta x_{\text{yc}} / \Delta x_{\text{без yc}};$$

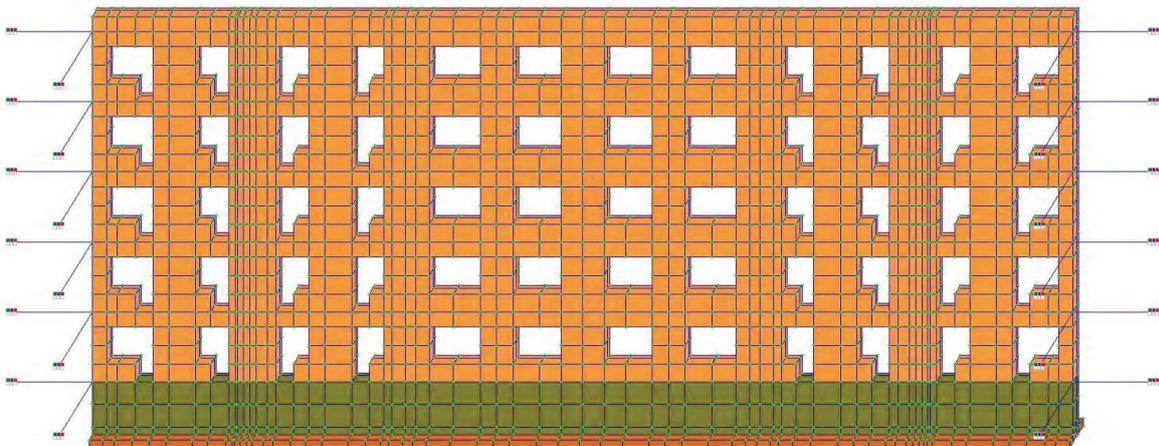


Рисунок 2. Участок (наружная стена) расчетной модели с элементами усиления.

Таблица 2. Абсолютные и относительные осадки

Мульда сдвижения, радиусом в км	$\Delta_{абс}$	$\Delta_{отн}$
1	2	3
7	0,038	<b>0,002</b>
3	0,089	<b>0,005</b>
1	0,27	<b>0,015</b>

Следует отметить, что меньшему значению коэффициента эффективности соответствует большее влияние элементов усиления.

### Результаты численных исследований

Результаты численных исследований для различных радиусов мульды сдвижения и площадей

сечений элементов усиления приводятся в табл. 3 для здания из блоков, где обозначено:

$\Delta X$  – деформации вдоль горизонтальной продольной оси;

$\Delta Z$  – деформации вдоль вертикальной оси;

$N$  – максимальное растягивающее усилие в тяжах;

$k$  – коэффициент эффективности;

$\delta$  – максимальная ширина раскрытия трещин в одном уровне;

прогиб /выгиб – направление выпуклости мульды сдвижения вниз / вверх.

Для здания из блоков зависимости для линейного перемещения и максимальной ширины раскрытия трещин представлены на рисунке 3 и 4, где

Таблица 3. Результаты численных исследований

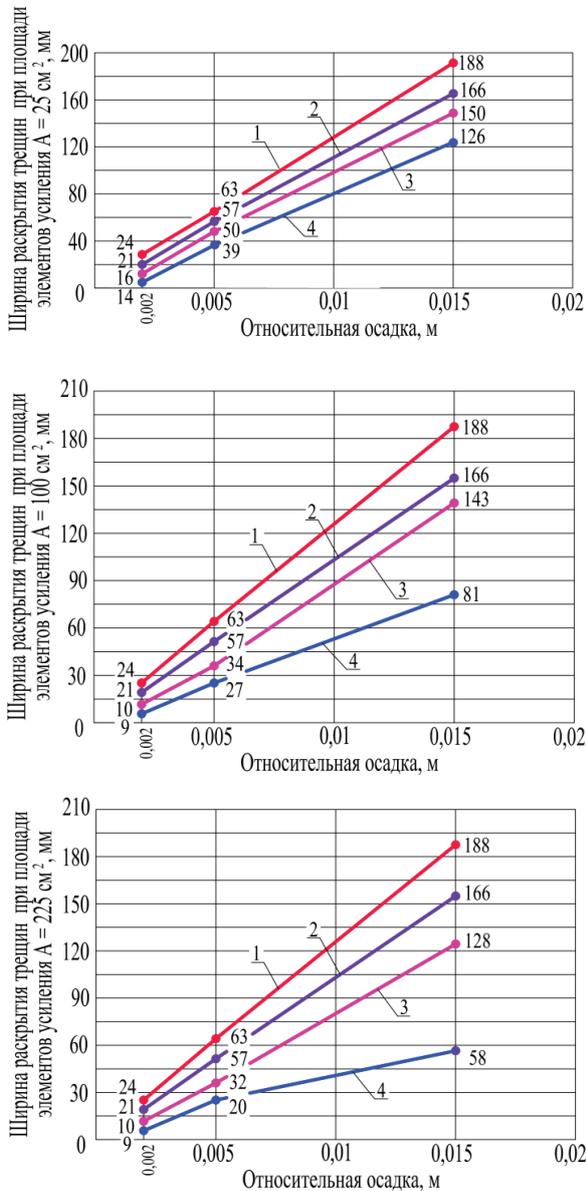
Наименование	Вид деформации здания/ $\Delta_{отн}$	Значение параметра без усиления	Значение параметра при площади стержня усиления в уровне перекрытия, см <sup>2</sup>		
			25	100	225
1	2	3	4	5	6
$\Delta X$ , мм	Прогиб / 0,002	10	7	4	3
	Выгиб / 0,002	7	5	3	2
	Прогиб / 0,005	26	21	16	14
	Выгиб / 0,005	17	13	8	6
	Прогиб / 0,015	68	60	52	46
	Выгиб / 0,015	41	31	20	15
$\Delta Z$ , мм	Прогиб / 0,002	35	30	25	23
	Выгиб / 0,002	30	28	24	22
	Прогиб / 0,005	85	83	79	73
	Выгиб / 0,005	66	63	60	58
	Прогиб / 0,015	240	236	230	225
	Выгиб / 0,015	160	155	148	142
$N$ , кН	Прогиб / 0,002	–	697	1 200	1 390
	Выгиб / 0,002	–	649	1 110	1 291
	Прогиб / 0,005	–	1 658	2 805	3 246
	Выгиб / 0,005	–	1 617	2 742	3 175
	Прогиб / 0,015	–	3 761	6 319	7 304
	Выгиб / 0,015	–	3 750	6 297	7 277
$k$	Прогиб / 0,002	–	70 % / 0,7	40 % / 0,4	30 % / 0,3
	Выгиб / 0,002	–	70 % / 0,7	43 % / 0,43	29 % / 0,29
	Прогиб / 0,005	–	80 % / 0,8	62 % / 0,62	54% / 0,54
	Выгиб / 0,005	–	70 % / 0,7	47 % / 0,47	35 % / 0,35
	Прогиб / 0,015	–	80 % / 0,8	7 % / 0,7	36 % / 0,36
	Выгиб / 0,015	–	76 % / 0,76	49 % / 0,49	35 % / 0,35
$\delta$ , мм	Прогиб / 0,002	23,4	16,38	9,24	7,02
	Выгиб / 0,002	20,8	14,04	8,94	6,03
	Прогиб / 0,005	62,8	50,24	33,9	32,5
	Выгиб / 0,005	56,6	39,62	26,6	19,81
	Прогиб / 0,015	188,2	150,56	143,03	127,98
	Выгиб / 0,015	166,2	126,31	81,44	58,17

использованы обозначения: 1 – значение параметра в стене без усиления при прогибе, 2 – тоже при выгибе, 3 – значение параметра в стене с усилением при прогибе, 4 – тоже при выгибе. На рис. 5 и 6 представлены результаты расчета эффективности усиления для здания из блоков и кирпичного здания.

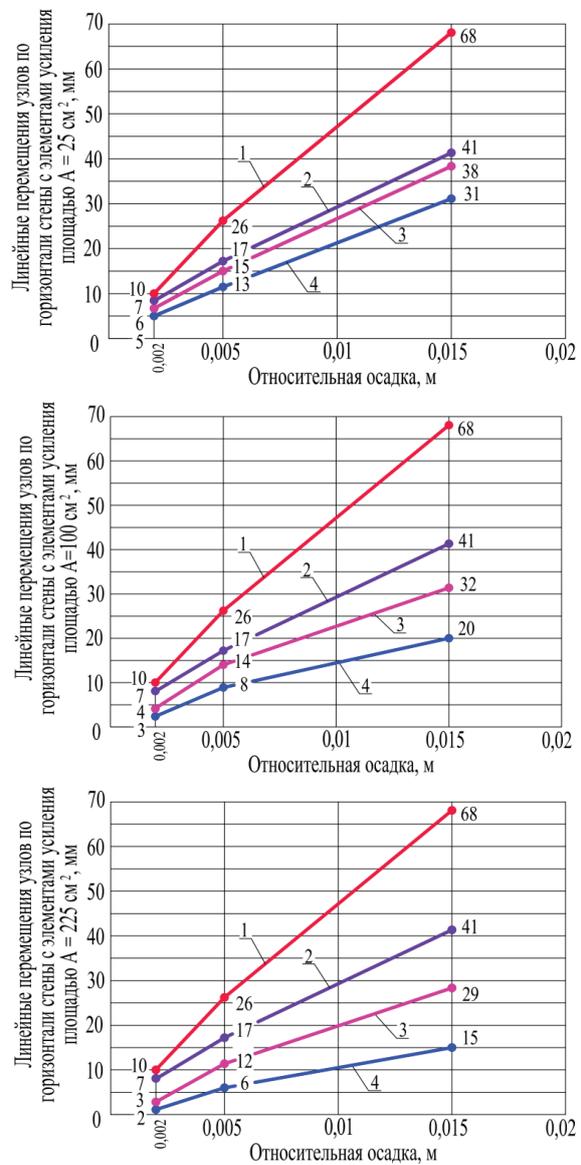
**Анализ результатов численных исследований показывает:**

1. Увеличение площади элементов усиления с 25 до 225 см<sup>2</sup> приводит к снижению уровня раскрытия трещин на 45...54 %.

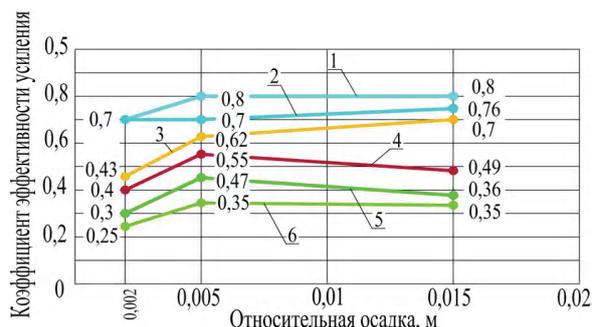
2. Наибольшее снижение уровня раскрытия трещин наблюдается при выпуклой мульдe сдвижения радиусом 1 км. В зависимости от площади тяжей уменьшение составляет 3,2...1,3 раза.
3. В целом, деформации каменной кладки выше при вогнутой мульдe скользяния, чем при выпуклой, разность составляет 13 %. Такое же явление имеет место и при работе здания с ненапрягаемыми тяжами: снижение максимальной ширины раскрытия трещин в случае понижения центральной части здания составляет 26...51 %, в случае понижения крайних участков здания – 31 ... 68 %.



**Рисунок 3.** Зависимость ширины раскрытия трещин от относительной осадки.



**Рисунок 4.** Зависимость линейных перемещений узлов по горизонтали от относительной осадки.



**Рисунок 5.** Зависимость коэффициента эффективности усиления блочного здания от относительной осадки основания: 1 — элементы усиления площадью 25 см<sup>2</sup> при прогибе, 2 — тоже при выгибе, 3 — элементы усиления площадью 100 см<sup>2</sup> при прогибе, 4 — тоже при выгибе, 5 — элементы усиления площадью 225 см<sup>2</sup> при прогибе, 6 — тоже при выгибе.

- При увеличении относительной осадки с 0,002 до 0,005 эффективность усиления снижается на 30...40 %. При большем значении относительных осадок эффективность остается практически постоянной.
- Полученные данные можно использовать для оценки работоспособности и эксплуатационной пригодности существующих зданий с выполненной обвязкой тяжями.

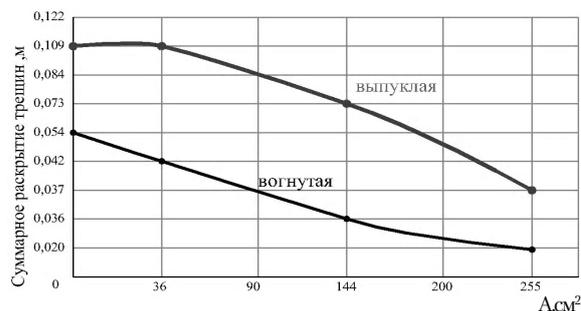
### Заключение

На основании выполненных численных исследований и анализа их результатов можно сделать следующие выводы:

- Численные исследования показали, что усиление ненапрягаемыми тяжями в целом обладает невысокой эффективностью для пятиэтажных зданий. При использовании практически осуществимых объемов усиления с площадью тяжей до 50 см<sup>2</sup> снижение

### Литература

- Действительная работа стен крупноблочного жилого здания при наличии подработок / В. В. Губанов, А. Н. Миронов, С. С. Наумец, Я. А. Зикий, А. В. Пчеленко // Строитель Донбасса. 2018. № 2. С. 33-43.
- Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий. — М.: ЦНИИСК им. Кучеренко. 1988. — 140 с.



**Рисунок 6.** Зависимость суммарной ширины раскрытия трещин в кирпичных стенах от площади элементов усиления (R=3 км).

горизонтальных деформаций составляет 1,5...2,5 при условии относительной осадки не более 0,004.

- Достаточно невысокая эффективность усиления ненапрягаемыми тяжями, возможно, является следствием того, что при расчете принимались максимальные значения нагрузок и прежде всего полезной нагрузки на перекрытие. В случае рассмотрения процессов трещинообразования в стенах главным вопросом является оценка эксплуатационной пригодности, поэтому можно обосновать снижение значений нагрузок. Это может существенно сказаться на ширине раскрытия трещин и эффективности усиления.
- Дальнейшее увеличение эффективности возможно за счет использования предварительного натяжения тяжей. Следует также ожидать, что при уменьшении этажности здания эффективность усиления тяжями будет возрастать.

### Reference

- The actual work of the walls of a large block of dwelling buildings with the availability of workpieces / V. V. Gubanov, A. N. Mironov, S. S. Naumez, Ya. A. Zikii, A. V. Pchelenko In: *The builder of Donbass*. 2018. Number 2. P. 33-43.
- Recommendations for the survey and assessment of the technical conditions of large-panel and stone buildings. — M.: TsNIISK them. Kucherenko 1988. — 140 p.

3. Методические рекомендации по усилению каменных конструкций. — К. : НИИИСН Госстроя УССР, 1975. — 49 с.
4. Нечаев, Н. В. Капитальный ремонт жилых зданий / Н.В. Нечаев. — М. : Стройиздат, 1990. — 207 с.
5. Гучкин, И. С. Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций : Учебное пособие / И. С. Гучкин. — М. : Издательство АСВ, 2001. — 176 с.
6. Перельмутер А. В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. — К. : Сталь, 2002. — 600 с.
7. Бедов, А. И. Каменные и армокаменные конструкции: проектирование, усиление и восстановление: Учебное пособие / А. И. Бедов, А. И. Габитов. — Уфа : Реактив, 2005. — 426 с.
8. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. — Замість СНиП 2.01.07-85; надано чинності 2007-01-01. — К. : Мінбуд України, 2006. — 61 с. — (Державні будівельні норми).
9. ДБН В.1.1-5-2000 Будинки та споруди на підроблюваних територіях і просідаючих грунтах. Частина 2. Будинки і споруди на просідаючих грунтах. — На заміну СНиП 2.01.09-91 (в частині вимог до проектування на просідаючих грунтах), РСН 297-78; РСН 340-86; РСН 232-88; РСН 349-88; надано чинності. 2000-07-01. — Київ : Мінрегіонбуд України, 2000. — 84 с.
10. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. — Введено вперше зі скасуванням на території України СНиП 2.02.01 — 83; чинні від 2009-07-01. — К. : Мінрегіонбуд України, 2009. — 107 с.
11. Repair of concrete structures to EN 1504. Danish Standards Association. — Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004. — 214 p.
12. Durability of concrete structures. Investigation, repair, protection / Ed. by G. Mays. — London : E&FN SPON, 1992. — 270 p.
13. Gorse, C. Refurbishment and upgrading of buildings / C. Gorse, D. Highfield. — London : Spon Press, 2009. — 263 p.
14. Lynch, G. The history of gauged brickwork conservation, repair and modern application / G. Lynch. — Elsevier, 2007. — 438 p.
15. Stefanou I. Continuum modelling of masonry structures under static and dynamic Loading / I. Stefanou, J. Sulem, I. Vardoulakis // Fracture and Failure of Natural Building Stones. Applications in the Restoration. of Ancient Monuments. — Dordrecht : Springer — P. 123-136.
3. Methodical recommendations for strengthening of stone structures. — K.: NIISN Gosstroya USSR, 1975. — 49 p.
4. Nechaev, N. V. Major repairs of residential buildings / N. V. Nechayev — M. : Stroyizdat, 1990. — 207 p.
5. Guchkin, I. S. Diagnostics of damages and restoration of operational qualities of structures: Textbook. — M. : Publishing house ASV, 2001. — 176 p.
6. Perelmutter A. V. Calculated models of structures and the possibility of their analysis / A. V. Perelmutter, V. I. Slivker. — K. : Steel, 2002. — 600 p.
7. Bedov, A. I. Stone and reinforcement structures: design, reinforcement and restoration: Textbook / A. I. Bedov, A. I. Gabitov. — Ufa: Reaktiv, 2005. — 426 p.
8. DBN V.1.2-2: 2006 System of reliability and safety of building objects. Load and impact. Design standards. — Instead SNiP 2.01.07-85; Enforced 01-01-01. — K. : Minbud of Ukraine, 2006. — 61 p. — (State building regulations).
9. ДБН В.1.1-5-2000 Buildings and structures on fake territories and subsidence soils. Part 2. Buildings and structures on subsurface soils. — Replacement SNiP 2.01.09-91 (in terms of requirements for designing on subsurface soils), RSN 297-78; RSN 340-86; RSN 232-88; RSN 349-88; introduction 01/01/2000 — Kyiv: Minregionstroy of Ukraine, 2000 — 84 p.
10. DBN V.2.1-10-2009 Building foundations. Basic Design Provisions. — Introduced for the first time with cancellation in the territory of Ukraine SNiP 2.02.01 — 83; valid from 2009-07-01. — K. : Minregionstroy of Ukraine, 2009. — 107 p.
11. Repair of concrete structures to EN 1504. Danish Standards Association. — Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004 — 214 p.
12. Durability of concrete structures. Investigation, repair, protection / Ed. by G. Mays. — London : E & FN SPON, 1992 — 270 p.
13. Gorse, C., Highfield D. Refurbishment and upgrading of buildings / C. Gorse, D. Highfield. — London : Spon Press, 2009. — 263 p.
14. Lynch, G. The history of gauged brickwork conservation, repair and modern application / G. Lynch. — Elsevier, 2007 — 438 p.
15. Stefanou I. Continuum modelling of masonry structures under static and dynamic Loading / I. Stefanou, J. Sulem, I. Vardoulakis // Fracture and Failure of Natural Building Stones. Applications in the Restoration. of Ancient Monuments. — Dordrecht : Springer — P. 123-136.

**Губанов Вадим Викторович** — д. т. н., профессор кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Член международной организации «Институт гражданских инженеров». Научные интересы: теория обслуживания конструкций, действительная работа и техническая диагностика стальных высотных сооружений.

**Зикий Яна Александровна** — магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: техническая эксплуатация и численное моделирование зданий.

**Пчеленко Ангелина Викторовна** — магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: техническая эксплуатация и численное моделирование зданий.

**Губанов Вадим Вікторович** — д. т. н., професор кафедри металевих конструкцій і споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Член міжнародної організації «Інститут цивільних інженерів». Наукові інтереси: теорія обслуговування конструкцій, дійсна робота і технічне діагностування сталевих висотних споруд.

**Зікій Яна Олександрівна** — магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: технічна експлуатація і чисельне моделювання будівель.

**Пчеленко Ангеліна Вікторівна** — магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: технічна експлуатація і чисельне моделювання будівель.

**Gubanov Vadim** — DSc (Eng.), Professor; Metal Structure and Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. A member of the international organization «Institute of Civil Engineer». Research interests: theory of structural maintenance, behavior and refurbishment of high-rise steelworks.

**Zikii Yana** — magister Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: maintenance and numerical modeling of building.

**Pchelenko Alina** — magister Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: maintenance and numerical modeling of building.