

ПРОЧНОСТЬ АНКЕРОВКИ ЗАБИВНЫХ СПИРАЛЕВИДНЫХ АНКЕРНЫХ СВЯЗЕЙ В КАМЕННОЙ КЛАДКЕ

В. Н. Деркач¹

¹Д. т. н., директор филиала РУП «Институт БелНИИС» – «Научно-технический центр», Брест, Беларусь

Реферат

Приведены результаты экспериментальных исследований сопротивления вытягивающей нагрузке анкерного крепления спиралевидных анкерных связей из нержавеющей стали Sure Twist, установленных путем забивки в тело кладочных изделий из ячеистого бетона, керамзитобетона, плотного силикатного бетона, поризованной керамики. Ремонтные спиралевидные связи применяются для связи облицовки с внутренним слоем при усилении и ремонте многослойных наружных стен, при ремонте кирпичной кладки в зоне образования трещин, восстановлении утраченных из-за коррозии металлических связей, а также устройстве вертикальных деформационных швов в облицовке здания. Метод установки спиралевидных связей путем забивки в тело кладочных изделий существенно упрощает и удешевляет ремонтные работы. В результате проведенных исследований установлены зависимости «нагрузка-перемещение анкерной связи», на основании которых получены характеристические и расчетные значения вытягивающей нагрузки и прочности сцепления связей с кладочными изделиями, выпускаемыми в Республике Беларусь. Характеристические значения вытягивающей нагрузки и прочности сцепления связей с кладочными изделиями определялись в соответствии с критериями, установленными в стандарте EN 846-6 и ФЦС – 44416204-09. При определении расчетных значений вытягивающей нагрузки и прочности сцепления связей значения коэффициентов характеристик свойств материала γ_m , согласно ТКР 45-5.03-308, в зависимости от класса контроля выполнения работ, принималось равным 2,0–2,5, а значение коэффициента надежности по материалу по разрушающей нагрузке m , согласно ФЦС – 44416204-09 равным 3,0.

Ключевые слова: многослойные стены, облицовочный слой, спиралевидные анкерные связи, забивка, сопротивление вытягивающей нагрузке.

STRENGTH OF ANCHORING OF BLOCKED SPIRAL ANCHOR LINKS IN MASONRY

V. N. Derkach

Abstract

The results of experimental studies of the tensile load resistance of the anchor fastening of Sure Twist stainless steel spiral anchors, established by driving into the body of masonry products made of aerated concrete, expanded clay concrete, dense silicate concrete, porous ceramic, are presented. Repair spiral-shaped bonds are used to connect the cladding with the inner layer when reinforcing and repairing multilayer external walls, when repairing brickwork in the crack formation zone, restoring metal bonds lost due to corrosion, and also arranging vertical expansion joints in the building cladding. The method of installing spiral ties by driving masonry products into the body significantly simplifies and cheapens repair work. As a result of the studies, the dependences "load-displacement of the anchor connection" were established, on the basis of which the characteristic and calculated values of the pulling load and the adhesion strength of the bonds with masonry products manufactured in the Republic of Belarus were obtained. The characteristic values of the pulling load and the adhesion strength of bonds with masonry products were determined in accordance with the criteria established in the standard EN 846-6 and FCS – 44416204-09. When determining the calculated values of the tensile load and the adhesion strength of the bonds, the values of the characteristics of the characteristics of the material properties γ_m , according to TKP 45-5.03-308, depending on the class of work performance control, were assumed to be 2.0-2.5, and the value of the reliability coefficient for the material according to the breaking load m , according to the FCS – 44416204-09 equal to 3.0.

Keywords: multilayer walls, cladding layer, spiral anchor bonds, blocking, tensile load resistance/

Введение

С середины 90-х годов прошлого столетия в связи с ужесточением нормативных требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий в Республике Беларусь и в ряде других стран СНГ широкое применение получили слоистые стены с лицевым кирпичным слоем. Проектирование и возведение указанных стен не было подкреплено соответствующей нормативной базой, поэтому многие технические решения были слепо заимствованы за рубежом и в первую очередь из европейских стран, где слоистые стены начали широко внедряться на 20–30 лет ранее. Эксплуатация слоистых стен особенно в многоэтажном каркасно-монолитном домостроении уже в первые 3–5 лет выявила ряд серьезных недостатков, которые во многих случаях приводили к аварийному состоянию стенового ограждения [1–7]. На сегодняшний день одним из актуальных вопросов обеспечения эксплуатационной надежности фасадов является решение комплекса проблем, связанных с выбором оптимальных методов ремонта и усиления облицовки из кирпича в зданиях с многослойными ограждающими конструкциями. Попытка устранения дефектов и повреждений в облицовочном слое многослойных стен, выявили отсутствие методики ремонта и неэффективность применения существующих технологий восстановления

кирпичной кладки (инъекцирование кладки полимерцементными растворами, усиление растворной облойкой, «лечение» кладки путем расшивки и зачеканки трещин, замена поврежденных участков и т. п.). В качестве решения проблемы ремонта облицовочного слоя, в частности закрепления облицовки к внутреннему слою, может быть использование специальных ремонтных гибких спиралевидных связей из аустенитной нержавеющей стали Sure Twist, которые по сравнению с резьбовыми шпильками и арматурными стержнями обладают рядом преимуществ. Ремонтные спиралевидные связи в последние 30 лет широко применяются на Западе и служат для связи облицовки с внутренним слоем, при усилении и ремонте многослойных наружных стен, при ремонте кирпичной кладки в зоне образования трещин, восстановлении утраченных из-за коррозии металлических связей, при усилении арочных перемычек, а также устройстве вертикальных деформационных швов в облицовке здания. В последнее время данная технология ремонта каменных стен начала применяться в Республике Беларусь и Российской Федерации. Однако сдерживающим фактором для широкого применения спиралевидных стержней в строительной практике является отсутствие данных о прочности их анкерки в каменных кладках, выполненных из отечественных кладочных материалов.



а)



б)



а) вертикальные трещины в облицовочном слое,
б) обрушение облицовочного слоя

Рисунок 1 – Примеры повреждений облицовочного слоя многослойных стен

Крепление облицовочного слоя при помощи спиралевидных анкерных связей

Ошибки при расстановке анкерных связей и устройстве деформационных швов в облицовочном слое многослойных стен приводят к образованию вертикальных трещин в облицовочном слое или даже к его обрушению (рисунок 1).

Для обеспечения устойчивости поврежденного облицовочного слоя зачастую требуется установка дополнительных анкерных связей, соединяющих облицовочный слой с основным слоем каменной кладки. Последний, как правило, выполняется из эффективных стеновых материалов (ячеистобетонных или керамзитобетонных блоков, керамических поризованных камней). Установка спиралевидных связей Sure Twist обычно производится в высверленные в облицовочном и основном слое стены отверстия, заполненные предварительно дозированным в заводских условиях раствором Sure Grout. Может быть использован метод, когда установка спиралевидных связей производится «насухо» путем забивки стержней в каменную кладку при помощи специальной насадки к перфоратору. При этом в основной слой кладки стержни забиваются непосредственно в кладочные изделия, а в облицовочный слой – в лидерные отверстия, высверленные в растворных швах, которые, как правило, имеют прочность более 5 МПа. При низкой прочности раствора облицовочного слоя установка стержней в швы кладки может производиться в раствор Sure Grout.

Следует отметить, что метод установки спиралевидных стержней «насухо» существенно проще и дешевле метода с применением раствора Sure Grout. Проблема заключается в отсутствии данных

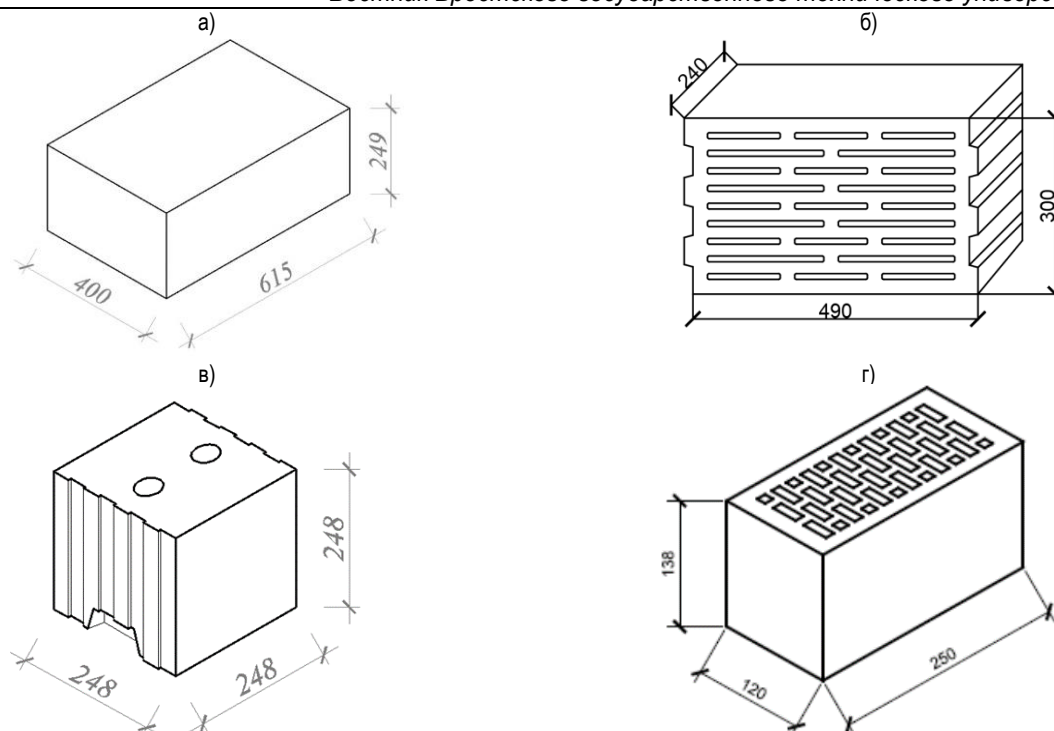
о прочности анкеровки спиралевидных стержней Sure Twist при забивке их в эффективные кладочные изделия основного слоя многослойной стены.

Исследование сопротивления анкерного крепления вытягивающей нагрузке

В лабораторных условиях исследовались сопротивления вытягивающей нагрузке анкерного крепления спиралевидных связей, установленных в следующие виды кладочных изделий:

- ячеистобетонные блоки плотностью D400, прочностью при сжатии 2,5 МПа (рисунок 2а);
- цельевые керамзитобетонные блоки плотностью D 650, прочностью при сжатии 2,5 МПа (рисунок 2б);
- пустотелые блоки из плотного силикатного бетона CP-150/35 (рисунок 2в);
- пустотелые поризованные керамические камни КПП-150/75 (рисунок 2г).

Анкерные связи представляли собой спиралевидные стержни из аустенитной нержавеющей стали марки 304 длиной 300 мм диаметром 6 мм. Установка анкерных связей в кладочные изделия производилась путем их забивки с помощью перфоратора со специальной насадкой на глубину 90 мм, которая является минимально допустимой глубиной заделки спиралевидных стержней в каменную кладку согласно [8]. Испытательное устройство располагали над смонтированным анкерным креплением, обеспечивая соосность анкера и направления приложения нагрузки (рисунок 3).



а) ячеистобетонный блок, б) щелевой керамзитобетонный блок, в) пустотелый силикатный блок, г) пустотелый поризованный керамический камень

Рисунок 2 – Виды испытанных кладочных изделий

Нагружение производилось с постоянной скоростью ступенями размером 1/10 теоретического значения разрушающей нагрузки. На каждой ступени образец выдерживался под нагрузкой не более времени, необходимого для снятия показаний приборов. Фиксировались значения нагрузки с точностью до 1 Н и соответствующие им значения перемещения анкерной связи с точностью 0,01 мм, по которым затем строился график зависимости перемещений анкера от нагрузки. По графику определялись максимальное значение вытягивающей нагрузки и значение нагрузки, при которой перемещение анкерной связи составляло 5 мм. Последний критерий установлен в EN 846-6 [9]. По значению вытягивающей нагрузки N рассчитывались значения касательных напряжений f_z , возникающих между анкерной связью и материалом кладочного изделия (прочности сцепления).

$$f_z = \frac{N}{\pi \cdot d \cdot l_z}, \quad (1)$$

где d – диаметр стержня. Для спиралевидного анкера диаметром 6 мм значение d принимается равным 8 мм;

l_z – глубина заделки стержня, $l_z = 90$ мм.

На рисунке 4 приведены графики зависимости перемещений анкерной связи Δ от величины вытягивающей нагрузки N для различных вариантов кладочных изделий.

Разрушение всех соединений происходило вследствие проскальзывания анкера по поверхности сопряжения с основанием. На графиках (рисунок 4) момент проскальзывания анкера характеризуется резким изменением динамики зависимости перемещений от нагрузки (переломом кривой).

Средние значения вытягивающей нагрузки, соответствующие началу проскальзывания анкера и его перемещению на величину 5 мм, а также значения касательные напряжений, возникающих между анкерной связью и материалом кладочного изделия, приведены в таблице 1.

В соответствии с [9] значение вытягивающей нагрузки $N_{0,5}$ принимается в качестве характеристического значения сопротивления анкерной связи растяжению N_k . Расчетное значение N_d устанавливается путем деления значения N_k на частный коэффициент характеристик свойств материала γ_m , значение которого согласно [10] для классов контроля выполнения работ I и II принималось соответственно равным 2,0–2,5.



1 – устройство для создания вытягивающей нагрузки, 2 – прогибомер Аистова, 3 – кладочное изделие, 4 – анкерная связь

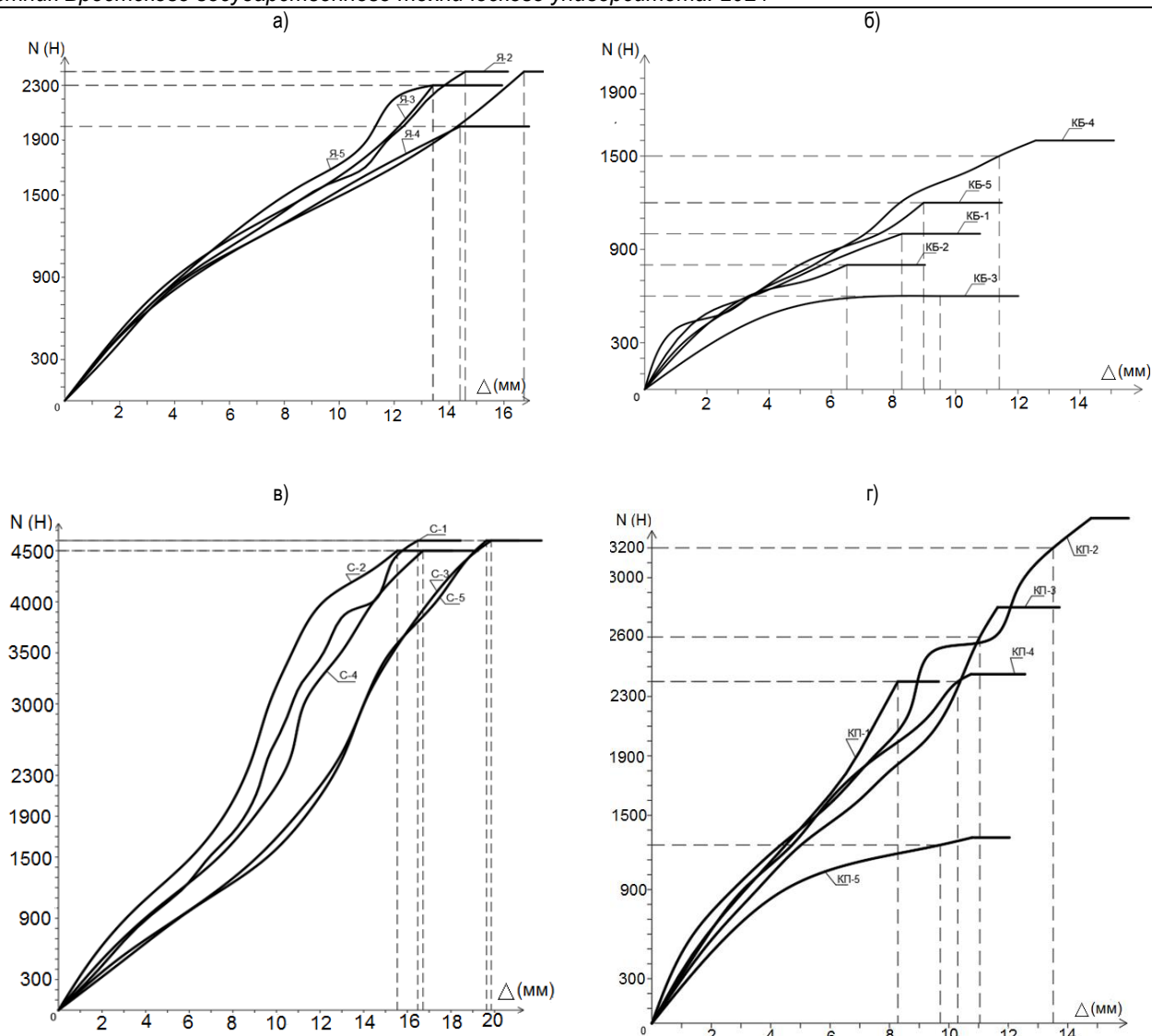
Рисунок 3 – Общий вид установки для испытания анкерных связей

Согласно [11] величина нормативного значения вытягивающей нагрузки спиралевидных стержней устанавливается с доверительной вероятностью 95 % по формуле (2).

$$N_n = \bar{N}(1 - t \cdot v), \quad (2)$$

где t – коэффициент, соответствующий нижней границе несущей способности анкера с обеспеченностью 0,95 при достоверности 90 % (для пяти результатов испытаний $t = 3,4$);

v – коэффициент вариации.



а) ячеистобетонный блок, б) щелевой керамзитобетонный блок, в) пустотелый блок из плотного силикатного бетона, г) пустотелый поризованный керамический камень

Рисунок 4 – Графики зависимости «N–Δ»

Таблица 1 – Средние значения вытягивающей нагрузки анкерной связи и касательных напряжений между анкерной связью и материалом кладочного изделия

Вид кладочного изделия	Среднее значение вытягивающей нагрузки \bar{N} и касательных напряжений \bar{f}_z при проскальзывании анкера		Среднее значение вытягивающей нагрузки $\bar{N}_{0,5}$ и касательных напряжений $\bar{f}_{z,0,5}$ при перемещении анкера $\Delta = 5$ мм	
	\bar{N} (Н)	\bar{f}_z (МПа)	$\bar{N}_{0,5}$ (Н)	$\bar{f}_{z,0,5}$ (МПа)
Керамзитобетонные блоки	1040	0,460	704	0,311
Ячеистобетонные блоки	2280	1,00	998	0,441
Блоки из плотного силикатного бетона	4560	2,016	1014	0,449
Керамические поризованные пустотелые камни	2420	1,071	1109	0,491

В таблице 2 приведены нормативные значения вытягивающей нагрузки и касательных напряжений, полученные на основании статистической обработки результатов испытаний.

В соответствии с [11] при пяти результатах испытаний значение N_n удалось получить только для ячеистобетонных блоков и блоков из плотного силикатного бетона, для которых характерными являются относительно низкие коэффициенты вариации значений вытягивающей нагрузки.

Расчетное значение сопротивления анкерного крепления

$$N_d = \frac{N_n}{m},$$

где m коэффициент надежности по материалу по разрушающей нагрузке, значение которого, согласно [11], принимается равным 3,0. В таблице 3 приведено сопоставление расчетных значений сопротивлений анкерного крепления, полученных согласно [10] и [11].

Таблица 2 – Нормативные значения вытягивающей нагрузки анкерной связи и касательных напряжений между анкерной связью и материалом кладочного изделия согласно [11]

Вид кладочного изделия	Среднее значение вытягивающей нагрузки \bar{N} и касательных напряжений \bar{f}_z при проскальзывании анкера		Коэффициент вариации значений вытягивающей нагрузки v	Нормативное значение вытягивающей нагрузки N_n и касательных напряжений f_n	
	\bar{N} (Н)	\bar{f}_z (МПа)		N_n (Н)	f_n (МПа)
Керамзитобетонные блоки	1040	0,460	0,37	-	-
Ячеистобетонные блоки	2280	1,00	0,072	1720	0,76
Блоки из плотного силикатного бетона	4560	2,016	0,12	2736	1,21
Керамические поризованные камни	2420	1,071	0,33	-	-

Таблица 3 – Расчетные значения сопротивления анкерного крепления

Вид кладочного изделия	Расчетное значение сопротивления анкерного крепления N_d (Н) согласно [11], $m = 3,0$	Расчетное значение сопротивления анкерного крепления N_d (Н) согласно [10]	
		$\gamma_m = 2,0$	$\gamma_m = 2,5$
Керамзитобетонные блоки	-	352	281
Ячеистобетонные блоки	573	499	399
Блоки из плотного силикатного бетона	912	507	406
Керамические поризованные камни	-	555	443

Из таблицы 3 следует, что расчетные значения сопротивлений анкерного крепления спиралевидных стержней вытягивающей нагрузке, установленные в соответствии с [10] и [11], существенно разнятся. Учитывая высокую степень податливости рассмотренных анкерных креплений, расчетные значения сопротивлений анкеров вытягивающей нагрузке целесообразно устанавливать согласно [10]. При вытягивающем усилии равном расчетному значению сопротивления анкерной связи ее перемещение не превысит 2 мм.

Заключение

Получены научно-обоснованные значения сопротивления вытягивающей нагрузке анкерного крепления спиралевидных связей из нержавеющей стали Sure Twist, установленных путем забивки в тело кладочных изделий из ячеистого бетона, керамзитобетона, плотного силикатного бетона, поризованной керамики, выпускаемых предприятиями Республики Беларусь. Результаты настоящих исследований могут быть использованы при разработке проектов ремонта и усиления поврежденного трещинами облицовочного слоя многослойных каменных стен на основе технологии Sure Twist.

Список цитированных источников

- Орлович, Р. Б. О облицовочном слое слоистых каменных стен / Р. Б. Орлович, В. Н. Деркач, А. Я. Найчук // Строительство и архитектура. – 2010. – № 5. – С. 78–80.
- Ищук, М. К. Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки / М. К. Ищук. – М.: РИФ «Стройматериалы», 2009. – 360 с.
- Лобов, О. И. Долговечность наружных стен современных многоэтажных зданий / О. И. Лобов, А. И. Ананьев // Жилищное строительство. – 2008. – № 8. – С. 48–52.
- Блажко, В. П. Наружные многослойные стены с облицовкой из кирпича в монолитных зданиях / В. П. Блажко // Жилищное строительство. – 2009. – № 8. – С. 6–7.
- Деркач, В. Н. Вопросы качества и долговечности облицовки слоистых каменных стен / В. Н. Деркач, Р. Б. Орлович // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 2. – С. 23–27.
- Деркач, В. Н. Механизм повреждаемости несущей облицовки многослойных каменных стен / В. Н. Деркач, И. Е. Демчук, Р. Б. Орлович // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2017. – № 3(54). – С. 63–70.
- Федотов, С. Д. Опыт обследования и специфика усиления кирпичных фасадов современных многоэтажных зданий / С. Д. Федотов, А. В. Улыбин // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ozis-venture.ru. – Дата доступа: 22.08.2019.
- Рекомендации по усилению каменных конструкций спиралевидными стержнями Sure Twist из аустенитной нержавеющей стали: Р 5.02.168. – 2017. – Введ. 10.01.2018. – Минск: РУП «Стройтехнорм», 2017. – 65 с.
- Methods of test for ancillary components for masonry. Part 6: Determination of tensile and compressive load capacity and load displacement

characteristics of wall ties (single end test): EN 846-6:2000. – Brussels: CEN, 2000. – 9 p.

- Каменные и армокаменные конструкции. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-5.03-308-2017. – Введ. 10.07.2017. – Минск: МАИС, 2017. – 111 с.
- Стандарт ФЦС СТО ФЦС – 44416204-09-2010. Метод определения несущей способности анкеров по результатам натурных испытаний. – Введ. 22.12.2010. – М.: ФГУ «Федеральный центр технической оценки продукции в строительстве», 2010. – 113 с.

References

- Orlovich, R. B. O oblicovochnom sloe sloistyh kamennyh sten / R. B. Orlovich, V. N. Derkach, A. YA. Najchuk // Stroitel'stvo i arhitektura. – 2010. – № 5. – S. 78–80.
- Ishchuk, M. K. Otechestvennyy opyt vozvedeniya zdaniy s naruzhnymi stenami iz oblegchennoj kladki / M. K. Ishchuk. – M.: RIF «Stroymaterialy», 2009. – 360 s.
- Lobov, O. I. Dolgovechnost' naruzhnyh sten sovremennyh mnogoetazhnyh zdaniy / O. I. Lobov, A. I. Anan'ev // Zhilishchnoe stroitel'stvo. – 2008. – № 8. – S. 48–52.
- Blazhko, V. P. Naruzhnye mnogosloynnye steny s oblicovkoy iz kirpicha v monolitnyh zdaniyah / V. P. Blazhko // Zhilishchnoe stroitel'stvo. – 2009. – № 8. – С. 6–7.
- Derkach, V. N. Voprosy kachestva i dolgovechnosti oblicovki sloistyh kamennyh sten / V. N. Derkach, R. B. Orlovich // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. – 2011. – № 2. – С. 23–27.
- Derkach, V. N. Mekhanizm povrezhdaemosti nenesushchej oblicovki mnogosloynnyh kamennyh sten / V. N. Derkach, I. E. Demchuk, R. B. Orlovich // Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij. – 2017. – № 3(54). – С. 63–70.
- Fedotov, S. D. Opyt obsledovaniya i specifika usileniya kirpichnyh fasadov sovremennyh mnogoetazhnyh zdaniy / S. D. Fedotov, A. V. Ulybin // [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: www.ozis-venture.ru. – Data dostupa: 22.08.2019.
- Rekomendacii po usileniyu kamennyh konstrukcij spiralevidnymi stержнями Sure Twist iz austenitnoj nerzhavayushchej stali: R 5.02.168. – 2017. – Vved. 10.01.2018. – Minsk: RUP «Strojtekhnorm», 2017. – 65 s.
- Methods of test for ancillary components for masonry. Part 6: Determination of tensile and compressive load capacity and load displacement characteristics of wall ties (single end test): EN 846-6:2000. – Brussels: CEN, 2000. – 9 p.
- Kamennye i armokamennye konstrukcii. Stroitel'nye normy proektirovaniya: ТКП 45-5.03-308-2017. – Введ. 10.07.2017. – Минск: МАИС, 2017. – 111 с.
- Стандарт ФЦС СТО ФЦС – 44416204-09-2010. Метод определения несущей способности анкеров по результатам натурных испытаний. – Введ. 22.12.2010. – М.: ФГУ «Федеральный центр технической оценки продукции в строительстве», 2010. – 113 с.

Материал поступил в редакцию 13.02.2021