

УДК 691

ВАРИАНТЫ АРМИРОВАНИЯ ТРЕХСЛОЙНЫХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ

Л. И. Касторных, В. Д. Черепанов

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Проведен анализ применения гибких связей для трехслойных стеновых панелей крупнопанельных жилых домов. Рассмотрены четыре варианта армирования панелей гибкими связями из стальной и композитной арматуры. Установлено, что гибкие диагональные каркасы из композитной арматуры смогут обеспечить высокую теплотехническую однородность ограждающих конструкций. Это позволит решить задачу энергосбережения для всего крупнопанельного здания.

Ключевые слова: трехслойные стеновые панели, гибкие связи, полимерная композитная арматура, каркасы-тригоны, диагональные каркасы.

OPTIONS FOR REINFORCING THREE-LAYER WALL PANELS WITH COMPOSITE REINFORCEMENT

L. I. Kastornykh, V. D. Cherepanov

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

The analysis of the use of flexible connections for three-layer wall panels of large-panel residential buildings is carried out. Four variants of panel reinforcement with flexible connections made of steel and composite reinforcement are considered. It is established that flexible diagonal frames made of composite reinforcement can provide high thermal uniformity of the enclosing structures. This will solve the problem of energy saving for the entire large-panel building.

Keywords: three-layer wall panels, flexible connection, polymer composite rebar, frames-trigons, diagonal frames.

Введение. Ключевыми целями национального проекта «Жильё и городская среда» являются увеличение объема жилищного строительства и обеспечение доступным жильем семей со средним достатком. Достижению этих вполне реальных целей способствуют современные технологии крупнопанельного домостроения, направленные на энергосбережение и повышение энергоэффективности ограждающих конструкций.

В крупнопанельных домах, в связи с повышением требований по теплозащите зданий (СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий), однослойные стеновые панели практически полностью подлежат замене трехслойными панелями с эффективной теплоизоляцией. Однако практика производства и применения показала, что и трехслойным ограждающим конструкциям заводского изготовления присущи недостатки. К ним относятся: теплотехническая неоднородность из-за наличия связей между слоями (металлические, бетонные, комбинированные и др.), высокая трудоемкость изготовления из-за наличия ручного труда по раскрою и укладке теплоизоляции, по установке и фиксации связей между отдельными слоями. К дополнительным затратам относится защита теплоизоляции от возгорания, а гибких металлических связей — от коррозии.

В трехслойных стеновых панелях наружный и внутренний бетонные слои соединяются между собой с помощью связей, обеспечивающих независимую или совместную их работу [1]. В заводских условиях производства панелей для обеспечения совместной работы наружного и внутреннего бетонных слоев применяются жесткие и гибкие связи. Жесткие связи — железобетонные шпонки (перемычки) — представляют собой железобетонный фрагмент,

проходящий сквозь толщу утеплителя. Такие связи, являясь по существу «мостиками холода», снижают теплотехническую однородность ограждающих конструкций и увеличивают их теплопотери, тем самым снижая энергетическую эффективность ограждающих конструкций здания [2].

В качестве гибких связей используются:

- отдельные стержни из нержавеющей стали или композитной арматуры [3];
- диагональные связи из арматурной стали или композитной арматуры [4];
- треугольные арматурные каркасы в виде решетчатых ферм [1].

Для ограждающих конструкций со стальными гибкими и жесткими железобетонными связями характерны большие теплопотери из-за высокой теплопроводности стали. Замена в гибких связях стальной арматуры на композитную полимерную позволяет устранить «мостики холода» и обеспечить высокую теплотехническую однородность панели [5, 6].

Внедрению новых материалов и технологий должны предшествовать всесторонние исследования и технико-экономический анализ [7–9]. Ранее в строительной практике применение композитной арматуры сдерживалось отсутствием нормативных документов, устанавливающих требования к её качеству. К настоящему времени разработан ряд государственных стандартов, определяющих области применения, основные требования и методы испытания композитной арматуры [10], внесены дополнения в действующие стандарты с требованиями к проектированию конструкций. Российскими учеными проведены исследования коррозионной стойкости полимерной арматуры в щелочной среде цементных бетонов [11], подтверждена огнестойкость [4] и сейсмостойкость трехслойных стеновых панелей с гибкими стеклопластиковыми связями [12]. Поэтому изготовление бетонных изделий с полимерной композитной арматурой вполне обосновано [13].

Варианты армирования трехслойных стеновых панелей гибкими связями из стальной и композитной арматуры. В последние два десятилетия стратегия в области крупнопанельного домостроения в Российской Федерации направлена не только на улучшение теплофизических характеристик ограждающих конструкций, но и на их архитектурную выразительность. Изысканные требования покупателей, в том числе связанные с сокращением негативного влияния на экологию, стимулируют проектировщиков создавать дома и целые кварталы с индивидуальным неповторимым дизайном, а высокая конкуренция в жилищном строительстве вынуждает строителей возводить объекты более высокими темпами.

Поэтому предприятия, выпускающие сборные железобетонные изделия для крупнопанельных домов, должны иметь широкий ассортимент различных технологических приемов и средств, позволяющих удовлетворять запросы строительного рынка. Предпочтение следует отдавать технологиям по производству изделий полной заводской готовности, позволяющим максимально снизить затраты по монтажу конструкций на строительной площадке. В крупнопанельных домах к изделиям полной заводской готовности в полной мере относятся трехслойные стеновые панели из архитектурного бетона.

В условиях Ростовского комбината крупнопанельного домостроения предлагается организовать производство трехслойных панелей с внешним слоем из тяжелого архитектурного бетона, внутренним слоем из мелкозернистого самоуплотняющегося бетона, теплоизоляционным слоем из плитного пенополистирола и с гибкими связями из пространственных каркасов (таблица 1).

Таблица 1

Характеристика слоев трехслойных стеновых панелей с гибкими связями

Характеристика	Бетонный слой		Теплоизоляцион- ный слой: плиты пенополисти- рольные	Гибкие связи	
	наружный	внутренни й		арматурна я сталь	композитная арматура
Нормативный документ	ГОСТ 7473-2010	СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011	ГОСТ 15588-2014	ГОСТ Р 52544-2006	ТУ 2296-001-30604955-2012
Марка, класс	БСТ В30 П5 F ₁ 100 W4	БСМ В20 СУ1	ППС20	В500С	АКП-СП
Плотность, кг/м ³	2400	2200	20	7850	1900
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	1,7	1,6	0,038	46	0,55
Толщина, мм	80	80	140	-	-

Изготовление стеновых панелей предусматривается на стационарных поворотных формовочных столах по гибкой стендовой технологии. Гибкая технология производства при использовании магнитной бортовой оснастки позволяет на столах шириной 4 000 мм изготавливать широкую номенклатуру панелей различных размеров и конфигураций — с оконными и (или) дверными проемами, глухие, без декоративного слоя, с облицовкой бетонной плиткой, с декоративным слоем из архитектурного бетона или цветного раствора [14, 15].

Для сравнения вариантов армирования стеновых панелей с гибкими связями из различных материалов в качестве базового изделия приняты трехслойные железобетонные панели фронтона, предназначенные для наружных стен 2–5-этажных сборно-монолитных жилых домов универсальной системы. Гибкими связями для соединения бетонных слоев предусматриваются пространственные элементы в форме диагональных и треугольных каркасов (каркасы-тригоны) (рис. 1). Стержневые гибкие связи не рассматриваются из-за высокой трудоемкости их монтажа и усложнения операционного контроля при производстве стеновых панелей.

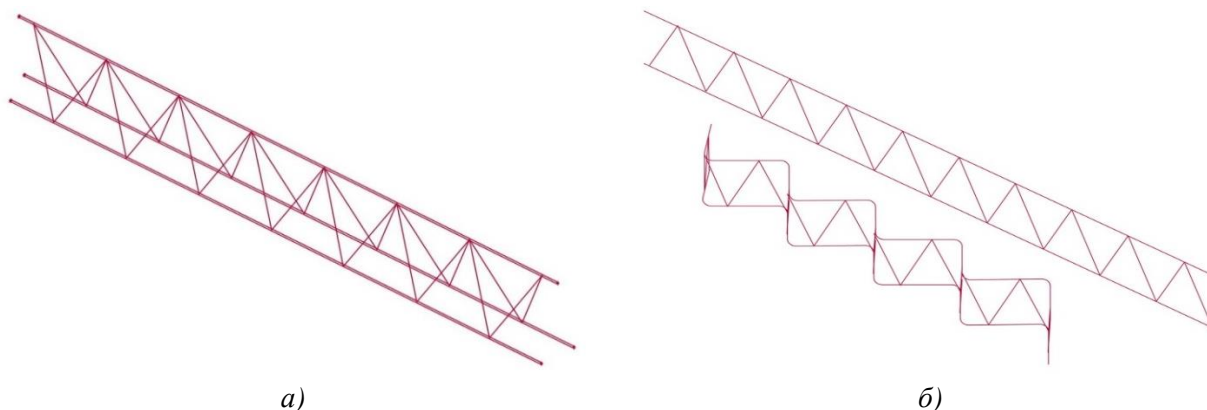


Рис. 1. Гибкие связи для трехслойных стеновых панелей в форме:
а — каркасов-тригонов; б — диагональных каркасов

Каркасы-тригоны, широко используемые в монолитном строительстве, являются пространственной конструкцией треугольной формы в сечении, два нижних стержня которой соединяются с верхним посредством зигзагообразно изогнутых стержней.

Диагональный каркас представляет собой пространственную конструкцию, получаемую путем изгиба плоского каркаса, состоящего из двух параллельных стержней, скрепленных зигзагообразно изогнутым стержнем.

В трехслойных панелях металлические гибкие связи должны изготавливаться либо из нержавеющей стали, либо подвергаться антикоррозионной обработке в соответствии с требованиями ГОСТ 31 310–2015 «Панели стеновые трехслойные железобетонные с эффективным утеплителем. Общие технические условия». Гибкие связи из полимерной композитной арматуры являются коррозионностойкими, поэтому не требуют дополнительной обработки.

Изготовление гибких связей в форме каркасов из арматурной стали целесообразно организовать в арматурном цехе комбината крупнопанельного домостроения, а из композитной арматуры — в условиях завода по производству стеклопластиковой арматуры по патенту В. Н. Николаева [16] и поставлять в готовом виде.

Гибкие связи в виде пространственных элементов предпочтительнее в том числе и потому, что они являются поддерживающими каркасами при установке верхней арматурной сетки. Их использование позволит значительно снизить трудозатраты и повысить производительность труда при изготовлении трехслойных панелей.

Схема армирования стеновых панелей фронтона каркасами-тригонами представлена на рис. 2, а диагональными каркасами — на рис. 3.

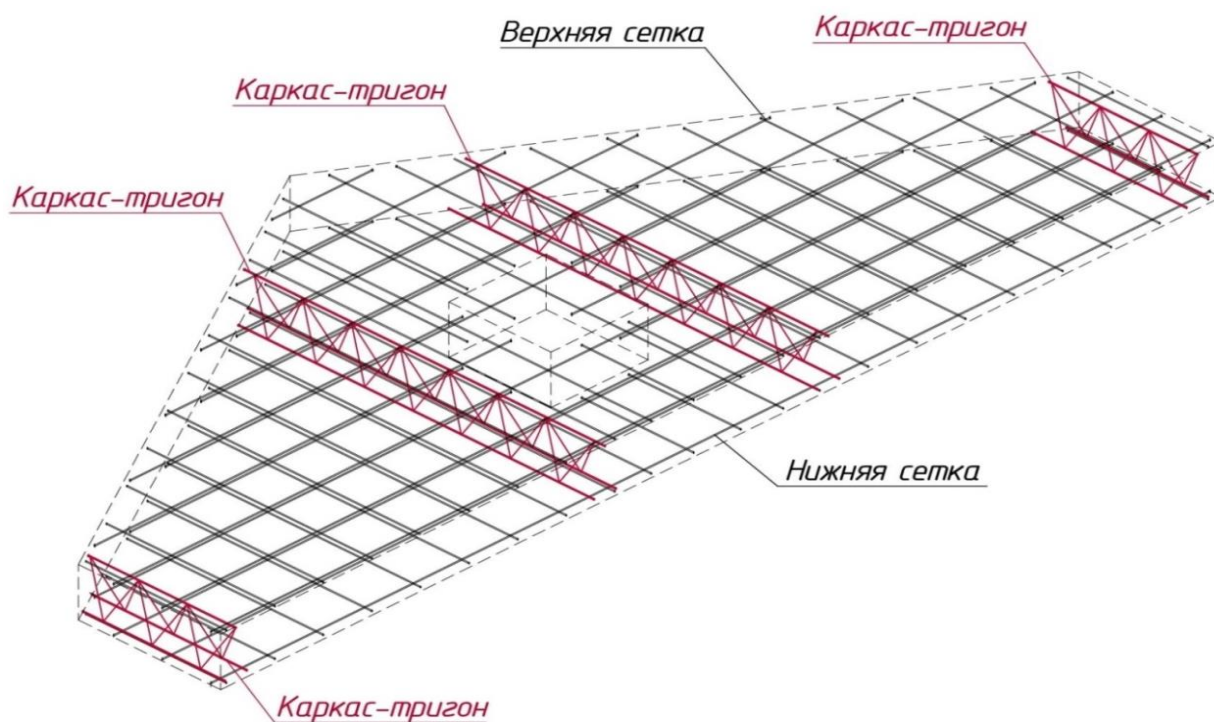


Рис. 2. Схема армирования стеновых панелей фронтона каркасами-тригонами

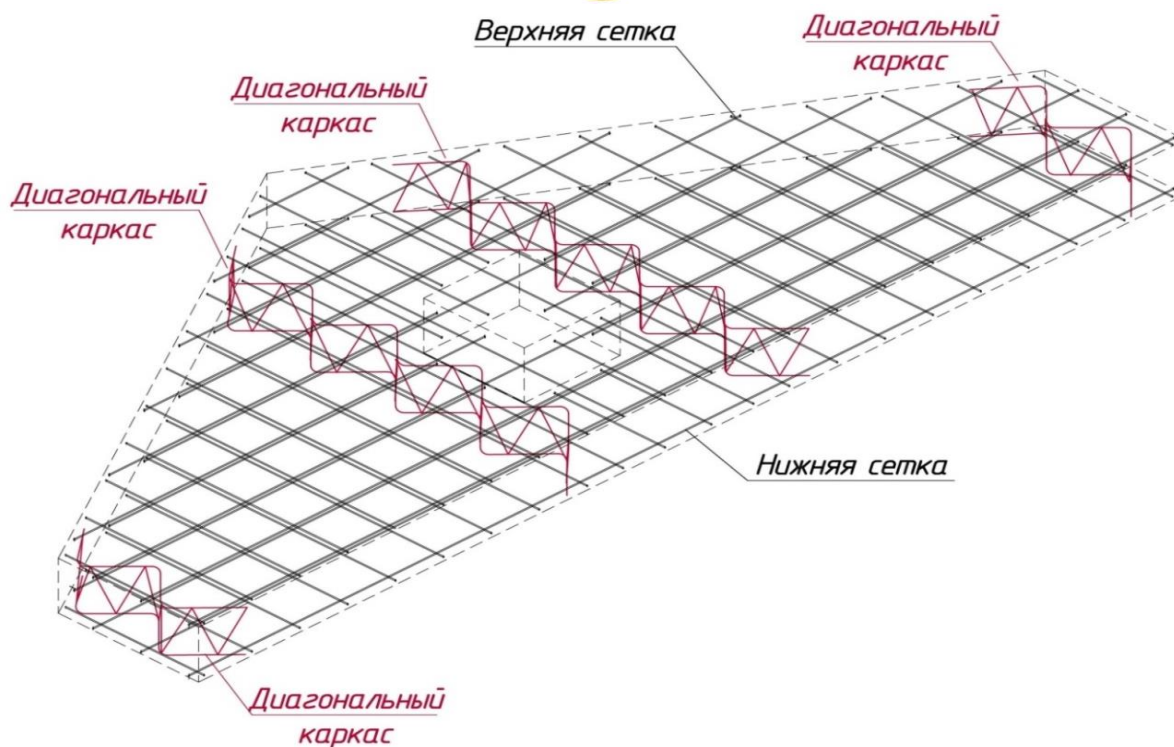


Рис. 3. Схема армирования стеновых панелей фронтона диагональными каркасами

Технические преимущества новых материалов должны обеспечивать и экономическую эффективность продукции. Поэтому для выбора оптимального варианта армирования определена стоимость гибких связей из стальной (таблица 2) и композитной арматуры (таблица 3). Расчеты выполнены с учетом рекомендаций, приведенных в [17].

Рассмотрены четыре варианта армирования панелей гибкими связями:

I и II варианты — гибкие связи из арматурной стали периодического профиля класса В500С в форме каркасов-тригонов и диагональных каркасов соответственно;

III и IV варианты — гибкие связи из стеклопластиковой арматуры марки АКП-СП в форме каркасов-тригонов и диагональных каркасов соответственно.

Нижняя и верхняя арматурные сетки и петли для подъема панелей во всех вариантах одинаковы и предусмотрены из стальной арматуры. Их стоимость не рассчитывалась.

Таблица 2

Стоимость гибких связей из стальной арматуры

Наименование и характеристика материала или затрат, единица измерения	Расход на каркас	Стоимость (без НДС), руб.	
		единицы	всего
I вариант: гибкие связи — каркасы-тригоны			
Каркас-тригон $l = 1510$ мм			
Стальная арматура, кг:			
Ø10 В500С	1,865	48,775	90,97
Ø8 В500С	0,596	47,380	28,26
Ø5 В500С	1,163	42,024	48,87
Дополнительные затраты на изготовление	-	-	58,84
Итого стоимость каркаса-тригона $l = 1510$ мм	-	-	226,94
Каркас-тригон $l = 560$ мм:			
Стальная арматура, кг:			

Наименование и характеристика материала или затрат, единица измерения	Расход на каркас	Стоимость (без НДС), руб.	
		единицы	всего
I вариант: гибкие связи — каркасы-тригоны			
Ø10 В500С	0,690	48,775	33,65
Ø8 В500С	0,221	47,380	10,47
Ø5 В500С	0,430	42,024	18,07
Дополнительные затраты на изготовление	-	-	21,77
Итого стоимость каркаса-тригона $l = 560$ мм	-	-	83,96
II вариант: гибкие связи — диагональные каркасы			
Каркас диагональный $l = 1510$ мм			
Стальная арматура, кг:			
Ø8 В500С	1,910	47,380	90,50
Ø5 В500С	0,723	42,024	30,38
Дополнительные затраты на изготовление	-	-	42,31
Итого стоимость каркаса диагонального $l = 1510$ мм	-	-	163,19
Каркас диагональный $l = 560$ мм:			
Стальная арматура, кг:			
Ø8 В500С	0,706	47,380	33,45
Ø5 В500С	0,267	42,024	11,22
Дополнительные затраты на изготовление	-	-	15,63
Итого стоимость каркаса диагонального $l = 560$ мм	-	-	60,30
Примечания:			
1 Стоимость стальной арматуры включает оптовую цену, транспортные и заготовительно-складские расходы.			
2 Дополнительные затраты на изготовление каркаса в арматурном цехе с учетом затрат на защиту от коррозии приняты 35 % стоимости стальной арматуры.			

Таблица 3

Стоимость гибких связей из композитной арматуры

Наименование и характеристика материала или затрат, единица измерения	Расход на каркас	Стоимость (без НДС), руб.	
		единицы	всего
1	2	3	4
III вариант: гибкие связи — каркасы-тригоны			
Каркас-тригон $l = 1510$ мм			
Композитная арматура, кг: Ø10 АКП-СП	0,435	125,00	54,38
Ø8 АКП-СП	0,115	157,70	18,14
Ø4 АКП-СП	0,151	325,00	49,08
Дополнительные затраты на изготовление	-	-	42,56
Итого стоимость каркаса-тригона $l = 1510$ мм	-	-	164,16
Каркас-тригон $l = 560$ мм:			
Композитная арматура, кг:			
Ø10 АКП-СП	0,161	125,00	20,12
Ø8 АКП-СП	0,043	157,70	6,75
Ø4 АКП-СП	0,056	325,00	18,20

Наименование и характеристика материала или затрат, единица измерения	Расход на каркас	Стоимость (без НДС), руб.	
		единицы	всего
1	2	3	4
Дополнительные затраты на изготовление	-	-	15,78
Итого стоимость каркаса-тригона $l = 560$ мм			60,85
IV вариант: гибкие связи — диагональные каркасы			
Каркас диагональный $l = 1510$ мм			
Композитная арматура, кг:			
Ø8 АКП-СП	0,368	157,70	58,03
Ø4 АКП-СП	0,095	325,00	30,88
Дополнительные затраты на изготовление			31,12
Итого стоимость каркаса диагонального $l = 1510$ мм	-	-	120,03
Каркас диагональный $l = 560$ мм:			
Композитная арматура, кг:			
Ø8 АКП-СП	0,137	157,70	21,61
Ø4 АКП-СП	0,035	325,00	11,38
Дополнительные затраты на изготовление			11,55
Итого стоимость каркаса диагонального $l = 560$ мм			44,54
Примечания:			
1 Стоимость композитной арматуры включает оптовую цену, транспортные и заготовительно-складские расходы.			
2 Дополнительные затраты на изготовление каркаса на предприятии-изготовителе по специальному заказу приняты 35 % стоимости композитной арматуры.			

В таблице 4 выполнено сравнение стоимости гибких связей из стальной и композитной арматуры в расчете на одну стеновую панель.

Таблица 4

Стоимость гибких связей на одну стеновую панель

Наименование и характеристика материала, единица измерения	Расход	Стоимость с НДС, руб., гибких связей из арматуры	
		стальной	композитной
Гибкие связи — каркасы-тригоны			
Каркас-тригон $l = 1510$ мм, шт.	2	544,66	393,98
Каркас-тригон $l = 560$ мм, шт.	2	201,50	146,02
Итого		746,16	540,00
Гибкие связи — диагональные каркасы			
Каркас диагональный $l = 1510$ мм, шт.	2	391,66	288,07
Каркас диагональный $l = 560$ мм, шт.	2	144,72	106,90
Итого		536,38	394,97

Выполненные расчеты показали, что минимальная стоимость арматурных элементов — у стеновых панелей с гибкими связями из стеклопластиковой арматуры в форме пространственного диагонального каркаса. По сравнению с композитными каркасами-тригонами снижение стоимости

достигается за счет сокращения расхода материала, а по сравнению со стальными диагональными каркасами — за счет снижения массы и отсутствия затрат на антикоррозионную обработку.

Заключение. Композитные гибкие связи для трехслойных стеновых панелей в форме пространственных диагональных каркасов, надежно соединяя наружный и внутренний слой панелей, обеспечат высокую теплотехническую однородность конструкций, что позволит решить задачу энергосбережения для всего крупнопанельного здания.

Экономическая эффективность использования композитной арматуры для гибких связей трехслойных стеновых панелей выражается в снижении стоимости арматурных элементов и стоимости панелей в целом.

Библиографический список

1. Король, Е. А. Трехслойные ограждающие железобетонные конструкции из легких бетонов и особенности их расчета / Е. А. Король. — Москва : Издательство АСВ, 2001. — 256 с.
2. Шеина, С. Г. Анализ и расчет «мостиков холода» с целью повышения энергетической эффективности жилых зданий / С. Г. Шеина, А. Н. Миненко // Инженерный вестник Дона, 2012, №4–1. — URL : ivdon.ru/magazine/archive/n4-1y2012/1097 (дата обращения :02.03.2020).
3. Луговой, А. Н. Композитные гибкие связи для трехслойных панелей / А. Н. Луговой, А. Г. Ковригин // Строительные материалы. — 2014. №5. — С. 22–23.
4. Николаев, В. Н. Композитные диагональные гибкие связи для трехслойных бетонных панелей - панельное домостроение нового уровня / В. Н. Николаев, В. Ф. Степанова, Т. Г. Демина // Жилищное строительство. — 2018. — №10. — С. 33–37.
5. Андрейцева, К. С. Влияние связей — соединителей бетонных слоев в трехслойных стеновых панелях на теплотехническую однородность конструкции панели / К. С. Андрейцева, В. Н. Ярмаковский, Д. З. Кадиев // Жилищное строительство. — 2015. №7. — С. 38–44.
6. Гагарин, В. Г. Учет теплотехнических неоднородностей при оценке теплозащиты ограждающих конструкций в России и европейских странах / В. Г. Гагарин, К. А. Дмитриев // Строительные материалы. — 2013. №6. — С. 14–16.
7. Трищенко, И. В. Об оценке эффективности инвестиций на стадии внедрения результатов научно-исследовательских работ / И. В. Трищенко, А. В. Каклюгин, Л. И. Касторных // Инженерный вестник Дона. — 2019. — №2. — URL : ivdon.ru/magazine/archive/n2y2019/5745 (дата обращения : 02.03.2020).
8. Кустикова, Ю. О. Практические рекомендации и технико-экономическое обоснование применения композитной арматуры в железобетонных конструкциях зданий и сооружений / Ю. О. Кустикова, В. И. Римшин, Л. И. Шубин // Жилищное строительство. — 2014. №7. — С. 14–18.
9. Оценка эффективности инвестиционного проекта реконструкции предприятий крупнопанельного домостроения / И. В. Трищенко [и др.] // Жилищное строительство. — 2018. — №10. — С. 39–44.
10. Композитная арматура : проблемы применения / В. Д. Староверов [и др.] // Вестник гражданских инженеров. — 2015. — №3(50). — С. 171–178.
11. Влияние щелочной среды бетона на эпоксидные связующие и полимеркомпозитную арматуру / В. Г. Хозин [и др.] // Строительные материалы. — 2015. — №1. — С. 41–44.
12. Сейсмостойкость трехслойных стеновых панелей на гибких стеклопластиковых связях / А. В. Грановский [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. — 2018. — № 3. — С. 36–40.

13. Хорохордин, А. М. Сравнительная оценка механических свойств полимерной композитной арматуры / А. М. Хорохордин, А. М. Усачев, Д. Н. Коротких // Строительные материалы. — 2018. — № 7. — С. 71–75. DOI: 10.31659/0585-430X-2018-761-7-71-75.

14. Касторных, Л. И. Особенности технологии железобетонных изделий из специальных бетонов / Л. И. Касторных, И. А. Деточенко, Е. С. Аринина // Строительство и архитектура-2017 : мат-лы науч.-практ. конф. — Ростов-на-Дону, 2017. — С. 64–69.

15. Касторных, Л. И. Инвестиционная привлекательность производства железобетонных изделий по безвибрационной технологии / Л. И. Касторных, И. В. Трищенко, Ю. С. Фоминых // Строительство. Архитектура. Экономика : мат-лы междунар. форума «Победный май 1945 года». — Ростов-на-Дону, 2018 — С. 38–42.

16. Диагональная гибкая связь : патент 192547 Рос. Федерация : E04C 5/07 / В. Н. Николаев. — № 2019119019; заявл. 12.01.2018; опубл. 23.09.2019. Бюл. № 27. — 6 с.

17. Касторных, Л. И. Эффективность проектных решений: учебное пособие / Л. И. Касторных, И. В. Трищенко. — Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 2011. — 102 с.

Об авторах:

Касторных Любовь Ивановна, доцент кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1), кандидат технических наук, доцент, likas9@mail.ru

Черепанов Вадим Дмитриевич, студент кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1), tamara.ch-p@yandex.ru

Authors:

Kastornykh, Lyubov I., associate professor of the Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry , Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), Cand.Sci., associate professor, likas9@mail.ru

Cherepanov Vadim D., student of the Department of Technology of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), tamara.ch-p@yandex.ru