

Заключение. Общие положения расчета по несущей способности неармированной каменной кладки при действии вертикальной нагрузки, а также армированных элементов при изгибе, изгибе с внецентренным и центральным сжатием в Еврокод 6 [5 – 8] полностью соответствуют условиям применения деформационного метода расчета прочности нормальных к продольной оси сечений. Данная методика отвечает фактической работе кладки под нагрузкой, описываемой диаграммами деформирования. Получена хорошая сходимость результатов расчета по предложенной методике, апробированной в программном комплексе Beta 4.0. Средневзвешенное значение отклонения опытных и рассчитанных разрушающих усилий составляет по всем сериям испытаний до 7 %. Благодаря возможности использования в расчетах полных диаграмм деформирования можно более точно описать напряженно-деформированное состояние сечений элементов в процессе работы на любых этапах нагружения.

According to the State standard of the Republic of Belarus (STB) EN 1996-1-1-2008 (Eurocode 6), the general regulations of calculation of stone elements, including reinforcement stone elements, correspond to the conditions of application of the deformation method of calculation of durability of normal sections. This method allows to reflect more faithfully the work of normal sections and to describe their tensely deformed condition (TDC) at any stage of the application of load. At the same time the deformation method of calculation of normal sections of stone elements has not yet found application in design. Comparison of the results of experimental data with the calculated (with the help of the deformation method) values of breaking loads of stone elements without reinforcing, with longitudinal and mesh reinforcing has been executed. The average value of the calculated difference is 7 %.

Список литературы

1. Соколов, Б.С. Исследования сжатых элементов каменных и армокаменных конструкций: Научное издание / Б.С. Соколов, А.Б. Антаков – М.: Издательство АСВ, 2010. – 104 с.
2. Еврокод 6. Проектирование каменных конструкций. Часть 1 – 1. Общие правила для армированных и неармированных каменных конструкций: СТБ EN 1996-1-1-2008. – Введ. 31.09.2008. – Минск: Гостандарт, 2009. – 86 с.
3. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-02.– Введ. 20.06.02. – Минск: Мин. архитектуры и строительства РБ, 2003. – 130с.
4. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1 – 1. Общие правила и правила для зданий : ТКП EN 1992-1-1-2010. – Введ. 10.12.2009. – Минск: Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2010. – 191 с.
5. Хаткевич А.М. Метод расчета прочности нормальных к продольной оси сечений конструкций из каменной кладки с учетом диаграмм деформирования / А.М. Хаткевич // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки : научно – теоретический журнал. – 2014. – № 8. – С. 45 – 53
6. Каменная кладка из пильных известняков / С.В. Поляков, Ю.В. Измайлов, В.И. Коноводченко и др. – Кишинев: Изд – во «Карта Молдовеняскэ», 1973. – 345 с.

УДК 624.014.2

Н. Н. ШАЛОБЫТА, Е. А. ДЕРКАЧ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОПУСТОТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКИ ИЗ ЦСП

В статье представлены данные экспериментальных исследований многопустотных железобетонных балочных плит перекрытия с применением несъемной опалубки из ЦСП. Представлены диаграммы деформирования экспериментальных образцов и выполнен их анализ.

Введение. Вопрос облегчения собственного веса строительных конструкций, в частности перекрытий, на протяжении многих столетий стоял перед зодчими. В настоящее время весьма острым остается вопрос, связанный с энергоэффективностью сооружений. Однако стоит учитывать, что он включает в себя не только проблему отопления и утепления здания. Наряду с этими вопросами возникает проблема экологичности возводимых сооружений.

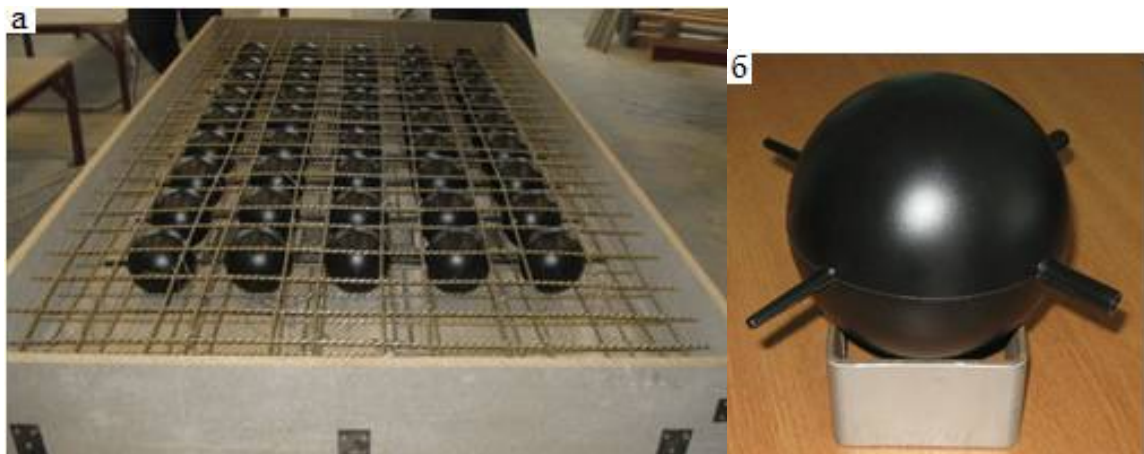
Значительное применение в строительстве монолитных зданий и сооружений строительство связано с желаниями потребителя, а возможностью применения новых конструктивных решений, применения конструктивных решений эффективной конструктивной формы [1]. Применяется огромное количество различных конструктивных решений, облегчающий монолитные перекрытия, таких как кессонные перекрытия, перекрытия с применением пенополистирольных и картонных труб и вкладышей, и других формпустотообразователей. Одним из лидеров в этой сфере является система перекрытий Sobiax. Данные

перекрытия придают возможность строительства экономичных, лёгких и экологичных зданий. В данных перекрытиях пустотообразователи из перерабатываемого пластика заменяют бетон внутри монолитного железобетонного перекрытия. Это дает возможность экономить материалы и ресурсы, и что немаловажно – уменьшает собственный вес плиты перекрытия до 30 % [2]. Вследствие этого появляется возможность экономии материалов, перекрывать пролеты большей величины, уменьшать количество в сетке колонн или же наоборот увеличить нагрузку на перекрытия при тех же материалах, закладываемых для обычного сплошного монолитного перекрытия.

Наряду с облегчением перекрытий, стоит также вопрос о сокращении сроков строительства и улучшения технологичности возводимых монолитных систем, в том числе с применением современных опалубочных систем. Одной из перспективных технологий, является применение системы перекрытий, используя несъемную опалубку из ЦСП (VST – system), при этом длина перекрытия достигает 6 м [3]. Эта система представляет собой несъемную опалубку (цементно-стружечные плиты), которая на заводе соединяется замковыми металлическими соединениями. Готовые элементы на строительной площадке заполняются пластичным бетоном. Перекрытие представляет собой цементно – стружечные плиты толщиной 24 мм к которым крепятся при помощи оцинкованных шурупов металлические шляпочные профили типа НТ.

Применение в перекрытиях VST-элементов позволяет значительно, по сравнению с традиционными сборными и монолитными системами, расширить геометрию конструкций, при этом сама система несъемной опалубки имеет небольшой вес и экономична в транспортировке.

Разработка собственных патентных решений пустотообразователей для безбалочных монолитных железобетонных перекрытий [4, 5, 6] позволило внедрить их в конструкцию перекрытий VTS-системы, главное предназначение которых заключается в снижении материалоемкости конструкции. Пустотообразователи представляют собой специальной конструктивной формы пластмассовые полые герметичные тела вращения (шары) с фиксаторами, расположенными снаружи сферы в ортогональных плоскостях перпендикулярных оси вращения и проходящей через центр плоскости (рисунок 1).

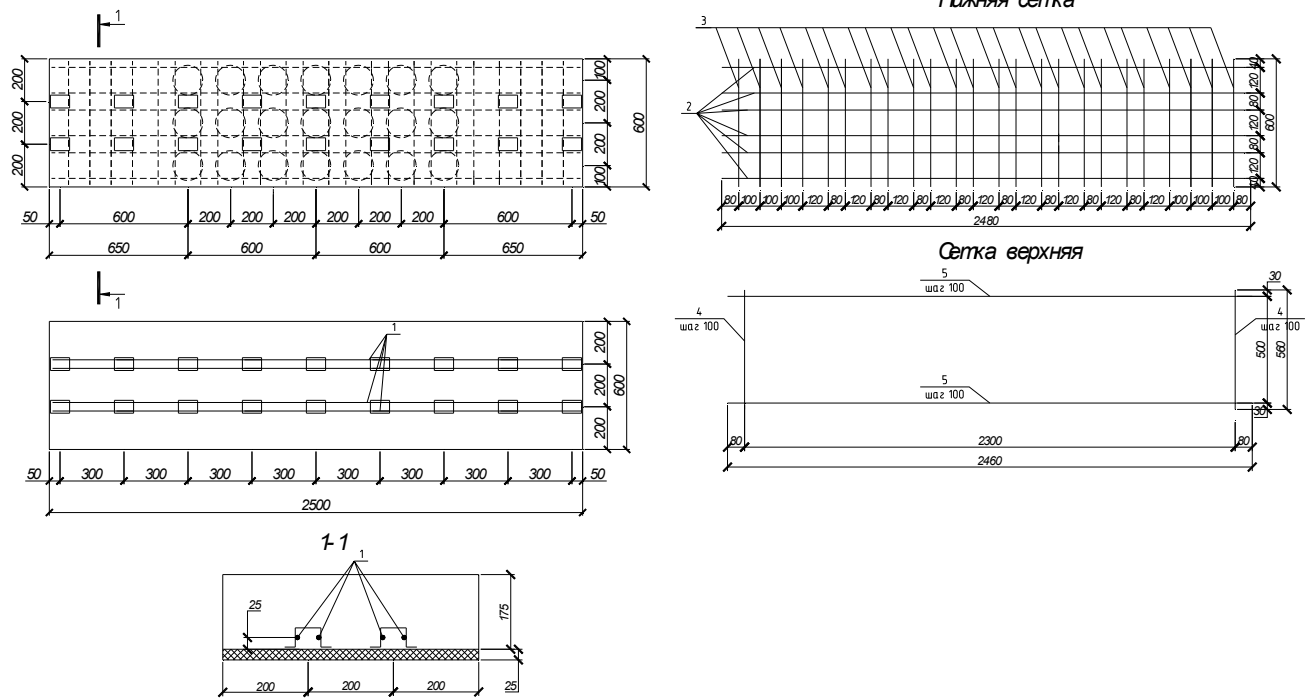


а – блок пустотообразователей; б – пустотообразователь в натуральную величину

Рисунок 1 – Эффективные пустотообразователи для VST – систем перекрытия

Экспериментальная часть. Для применения в строительстве предложенной конструкции перекрытия в настоящее время выполнены и выполняются исследования напряженно-деформированного состояния многупустотных плит с применением системы VST-опалубки, работающих по балочной схеме на изгиб в одной плоскости (рисунок 2). Экспериментальные исследования проводились в испытательном центре Брестского государственного технического университета. Были выполнены предварительные исследования трех серий образцов плит (рисунок 1) с техническими характеристиками, представленными в таблице 1.

При проведении экспериментальных исследований определялись основные параметры, связанные с прочностью сечений, деформативностью, образованием и раскрытием трещин в плитах при изгибе сдвиговые параметры работы контактных соединений. Прогобы фиксировались при помощи показаний шести прогибомеров, расположенных с обеих сторон плиты в продольном направлении, по два на каждой из опор и по два посередине пролета плиты.



1 – рабочая продольная арматура, приваренная к шляпчному профилю; продольная рабочая арматура нижней сетки; 3 – поперечная арматуры нижней сетки; 4 – поперечная арматура верхней сетки; продольная арматура верхней сетки

Рисунок 2 – Конструктивное решение многопустотной плиты перекрытия

Таблица 1 – Номенклатура опытных образцов

Серия	№ образца	Принятое армирование (поз. 1,2 рис. 2)	Геометрические характеристики образцов lxbxh, мм	Класс бетона	Процент армирования $\rho_l = \frac{A_{St}}{b \cdot d}$, %
1	2	3	4	5	6
I	БП – I – 1	4Ø12 S500	2500x600x200	C ²⁵ _{/30}	1,26
	БП – I – 2	6Ø12 S500			
II	БП – II – 1	4Ø12 S500	2500x600x200	C ²⁵ _{/30}	1,53
	БП – II – 2	6Ø14 S500			
III	БП – III – 1	4Ø12 S500	2500x600x200	C ²⁵ _{/30}	1,84
	БП – III – 2	6Ø16 S500			

С обеих боковых сторон плиты в продольном направлении в сжатой зоне бетона и в растянутой, на уровне растянутой арматуры, в зоне чистого изгиба устанавливали индикаторы часового типа с ценой деления 0.01мм, для измерения средних относительных деформаций (рисунок 3).

Появление трещин фиксировали визуально, а ширину их раскрытия линейкой измерителя ширины раскрытия трещин. Данные, полученные при помощи визуального измерения, затем контролировали сравнением со значениями горизонтальных и вертикальных перемещений, полученными по индикатору (точность измерения — 0.01мм), прогибомерам.

В результате проведенных экспериментальных исследований опытных образцов установлено, что все плиты разрушились вследствие исчерпания несущей способности по нормальным сечениям. Экспериментами было установлено, что появление первых трещин в растянутой зоне бетона началось при нагрузке около 10кН·м, что составляет порядка 5 % от предельно допустимой нагрузки.

С обеих боковых сторон плиты в продольном направлении в сжатой зоне бетона и в растянутой, на уровне растянутой арматуры, в зоне чистого изгиба устанавливали индикаторы часового типа с ценой деления 0.01мм, для измерения средних относительных деформаций (рисунок 3).

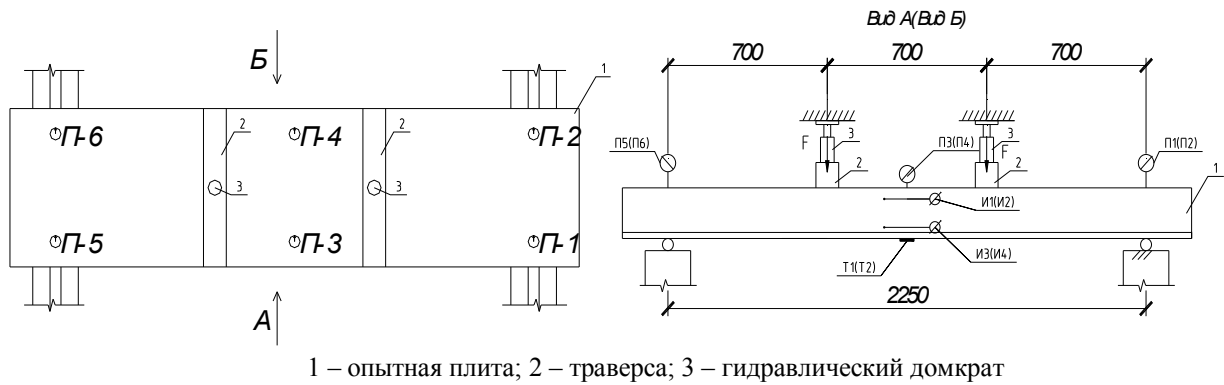


Рисунок 3– Схема испытательной установки и измерительных приборов



Рисунок 4 – Общий вид испытания плит на изгиб

Появление трещин фиксировали визуально, а ширину их раскрытия линейкой измерителя ширины раскрытия трещин. Данные, полученные при помощи визуального измерения, затем контролировали сравнением со значениями горизонтальных и вертикальных перемещений, полученными по индикатору (точность измерения — 0.01 мм), прогибомерам.

В результате проведенных экспериментальных исследований опытных образцов установлено, что все плиты разрушились вследствие исчерпания несущей способности по нормальным сечениям. Экспериментами было установлено, что появление первых трещин в растянутой зоне бетона началось при нагрузке около 10кН·м, что составляет порядка 5 % от предельно допустимой нагрузки.

Для всех испытанных образцов установлено, что момент трещиностойкости M_{cr}^{VST} составляет 26 – 33 кН·м и определялся хрупким (мгновенным) разрывом листа несъемной опалубки из ЦСП. После разрыва листа ЦСП поведение конструкции было аналогичным, как и для обычных железобетонных элементов. Отличительной особенностью работы данных элементов после появления трещин, является скачкообразный прирост деформаций в арматуре растянутой зоны элемента (рисунок 5). Очевидно, что с увеличением процента армирования элемента, увеличивается общая несущая способность, при этом анализ графиков БП-2-1 – БП-3-2 (рисунок 5) показывает, что при более высоких процентах армирования, влияние на прирост деформаций в арматуре снижается.

Анализ графика средних относительных деформаций в бетоне растянутой зоны и в листе ЦСП (рисунок 6 и 7), также находящихся в растянутой зоне подтверждает данные связанные с анализом графика 5 и показывает влияние процента армирования на напряженно-деформированное состояние плиты. Очевидно, что до появления первых трещин в бетоне растянутой зоны и ЦСП материалы деформировались линейно, при равном суммарном проценте армирования для плиты всех серий образцов. Средние относительные деформации, как в бетоне растянутой зоны, так и в ЦСП, имели практически линейный характер распределения.

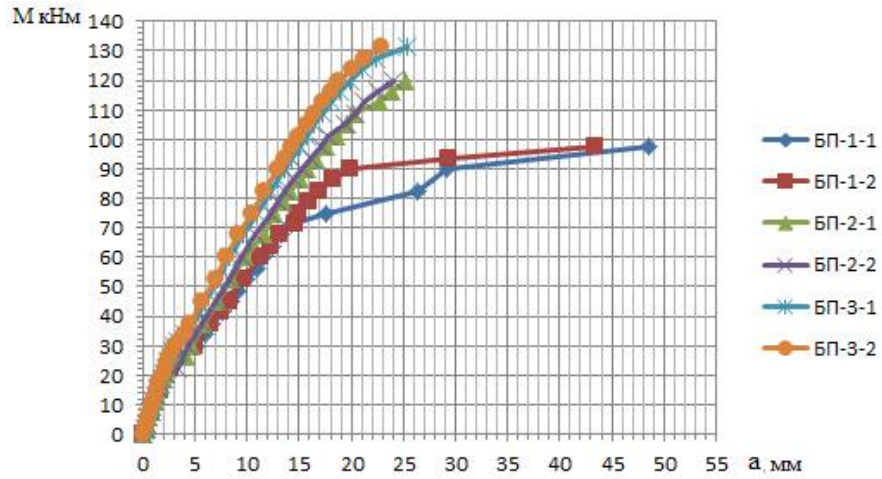


Рисунок 5 – Диаграмма «момент – прогиб» для плитных образцов

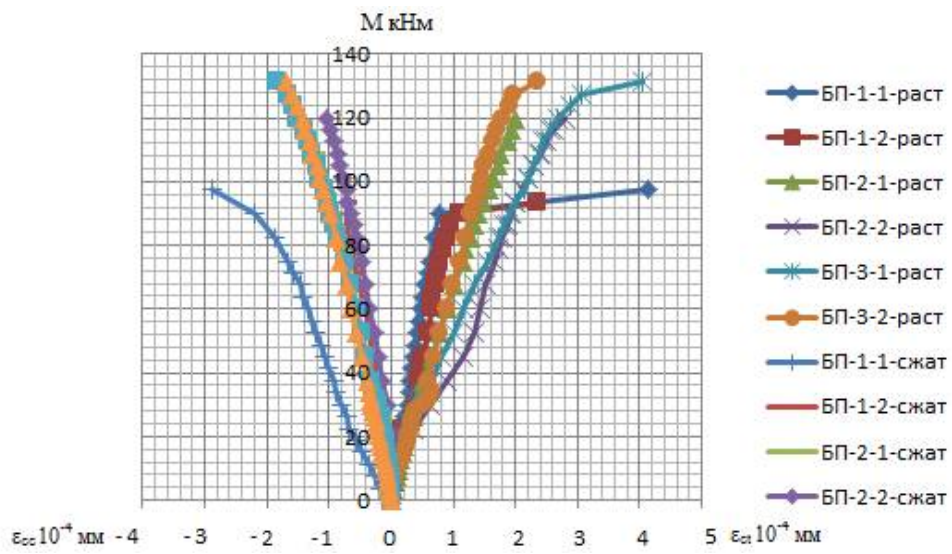


Рисунок 6 – Средние деформации в бетоне на участке между трещинами в зоне чистого изгиба для плитных образцов

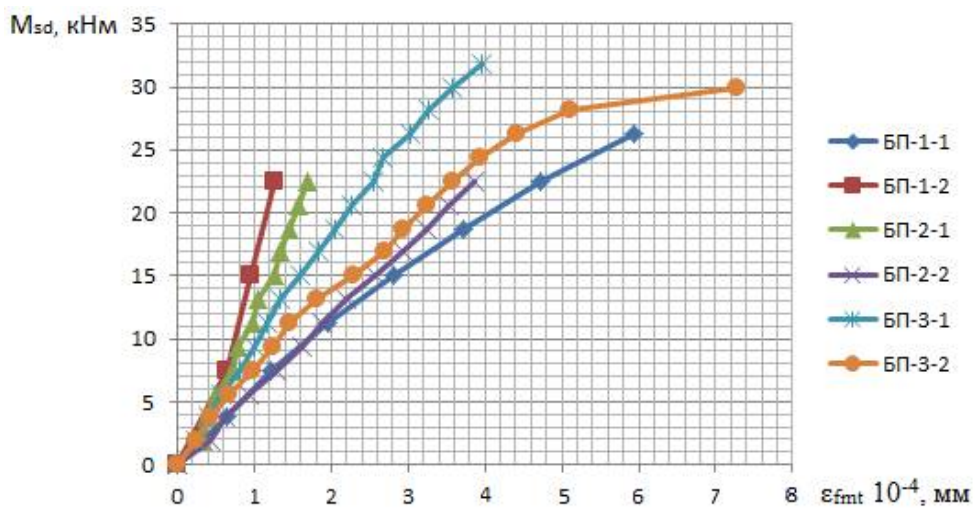


Рисунок 7 – Средние деформации в ЦСП на участке между трещинами в зоне чистого изгиба для плитных образцов

Заключение. Проведенные экспериментальные исследования позволяют сделать следующие выводы:

Анализ существующих в мировой практике проектирования и строительства различных типов перекрытия показывает стремление к настоящему времени в снижении материалоемкости и трудоемкости дисков перекрытия. В первую очередь на данном этапе развития этому соответствуют эффективные облегченные типы перекрытия, среди которых можно выделить сборные системы перекрытий с различными типами многопустотных панелей, а также системы монолитных дисков перекрытия. Рассмотренные эффективные конструктивные решения перекрытий позволяют снизить массу перекрытий на 30÷40 % , уменьшить расход арматуры в 1,3 ÷ 1,5 раза, снизить массу здания в целом на 25÷30 % . Использование легких конструктивных бетонов позволяет еще больше повысить эффективность применения таких конструкций. Одним из перспективных направлений является применение многопустотного перекрытий в комбинации несъемной опалубки из ЦСП. При этом для применения данного конструктивного типа необходимы разработки теоретического метода расчета подкрепленного экспериментальными данными. Внедрение новой конструктивной системы многопустотного перекрытия в сочетании с VST опалубкой позволит сократить расход материалов, снизить собственную массу конструкций перекрытий, расширить области применения VST-систем. Экспериментально установлено, что использование листа ЦСП в качестве конструктивного элемента (несъемная опалубка) для железобетонных конструкций в растянутой зоне, позволяет значительно увеличить их трещиностойкость. Данный эффект связан с тем, что лист ЦСП обладает более высокими значениями сопротивления на растяжение по отношению к бетону.

The article presents the results of experimental studies hollow concrete slabs beam using permanent formwork of the cement bonded particle board. Presented deformation curves of the experimental specimens and made their analysis.

Список литературы

1. Сагадеев Р.А. Современные методы возведения монолитных и сборно – монолитных перекрытий: учеб. пособие / Р.А. Сагадеев; ГОУ ДПО ГАСИС. – Москва, 2008. – 35 с.
2. Tina Lai, Structural behavior of BubbleDeck slabs and their application to lightweight bridge decks: Master of engineering in civil and environmental engineering at the Massachusetts Institute of Tehnology, june 2010. – 41 p.
3. Что такое система VST. – 2016. – Режим доступа: www.vstbuildingtechnologies.com/ru/vst-system/was-ist-das-vst-system.html. – Дата доступа: 04.02.2016.
4. Пустотообразователь безбалочной плиты перекрытия: пат. 8418 Респ. Беларусь, Н.Н. Шалобыта, В.В. Тур, П.С. Пойга, Т.П. Шалобыта, Н.С. Цепаева, В.Н. Пчелин: заявитель Брест.гос. техн. ун – т. U 20120036: заявл. 16.01.2012, опубл. 16.04.2012 // Афицыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – С. 5.
5. Безбалочная монолитная плиты перекрытия: пат. 8475 Респ. Беларусь, Н.Н. Шалобыта, В.В. Тур, П.С. Пойга, Т.В. Пчелина, Н.С. Цепаева, В.Н. Пчелин: заявитель Брест.гос. техн. ун – т. U 20120106: заявл. 06.02.2012, опубл. 15.05.2012 // Афицыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – С. 5.
6. Безбалочная монолитная плиты перекрытия: пат. 8475 Респ. Беларусь, Н.Н. Шалобыта, В.В. Тур, П.С. Пойга, Т.В. Пчелина, Н.С. Цепаева, В.Н. Пчелин: заявитель Брест.гос. техн. ун – т. U 20120107: заявл. 06.02.2012, опубл. 15.05.2012 // Афицыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – С. 5.