

УДК 69.05

Мухаметрахимов Рустем Ханифович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: muhametrahimov@mail.ru

Хузин Айрат Фаритович

кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: airat.khuzin2010@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Хамидуллина Динара Дамировна

инженер производственно-технического отдела

ООО «ПроектСтройМонтаж»

Адрес организации: 420087, Россия, г. Казань, ул. Курчатова, д. 6, кв. 12

Особенности технологии устройства и контроля качества монолитных сталефибробетонных перекрытий с использованием пустотообразователей

Аннотация

Постановка задачи. Цель настоящей работы – изучить особенности технологии устройства монолитных перекрытий с использованием пустотообразователей, выявить ее недостатки и предложить способы их устранения.

Результаты. В работе на первом этапе изучены причины низкого качества выполнения монолитных перекрытий с применением пустотообразователей и предложены способы устранения выявленных недостатков. На втором этапе определены основные дефекты и повреждения, возникающие при строительстве, ремонте и эксплуатации данных плит перекрытий. На третьем этапе изучены особенности системы контроля качества, осуществляемые непосредственно при устройстве монолитных перекрытий с применением пустотообразователей, предложен состав операций и средства контроля.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в повышении качества монолитных перекрытий с использованием пустотообразователей. Установлено, что использование сталефибробетона в перекрытиях с неизвлекаемыми пустотообразователями позволяет снизить процент армирования на 9,82 %, по сравнению с другими исследуемыми вариантами, снизить расход бетона по сравнению со сплошной монолитной плитой почти в 2 раза.

Ключевые слова: облегченные монолитные перекрытия, эффективные конструктивные формы, неизвлекаемые вкладыши-пустотообразователи, фибробетон, одностадийное бетонирование, фиксаторы, дефекты, повреждения, контроль качества, технология и организация строительства.

Введение

Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона позволяет возводить прочные и долговечные сооружения практически любой формы и этажности в относительно короткие сроки, что обуславливает преимущества данной технологии перед строительством из сборных конструкций. Однако такое строительство является весьма материалоемким, что приводит к утяжелению, как самой постройки, так и ее составных частей. Одним из наиболее тяжелых элементов с высокой трудоемкостью их устройства являются конструкция перекрытия. В большинстве случаев их устраивают сплошными, так как это предусматривает сравнительно низкое количество трудозатрат, но приводит к значительному увеличению расхода бетона и арматуры, и как следствие утяжелению конструкции. В этой связи одной из актуальных задач повышения эффективности строительного производства является снижение массы конструкций здания, материалоемкости при обеспечении высокого качества строительной продукции.

Известно, что снижение массы перекрытий зданий может быть достигнуто за счет применения новых эффективных конструктивных форм [1], использования предварительно напряженных элементов [2], увеличения применения легких бетонов на пористых заполнителях [3] и др.

Наиболее перспективным представляется устройство перекрытий эффективных конструктивных форм, поскольку их применение позволяет снизить массу перекрытий на 30-40 %, уменьшить расход арматуры в 1,3-1,5 раз, снизить массу здания в целом на 25-30 %. К перекрытиям эффективной конструктивной формы относят монолитные кессонные перекрытия, перекрытия с неизвлекаемыми вкладышами в виде пустотелых бетонных блоков, пластмассовых изделий и т.п. Эти элементы играют роль несъемной опалубки, формируя пространство для получения кессонной структуры из монолитного бетона, заполняют часть конструкции перекрытия, одновременно образуя пустоты и уменьшая массу перекрытий.

Рассмотрим более подробно применение различных пустотообразователей, так как данный метод наиболее эффективен с точки зрения снижения материалоемкости и обеспечения ровной потолочной поверхности.

В работах [4-12] рассмотрены несколько видов монолитных железобетонных перекрытий с неизвлекаемыми пустотообразователями (рис. 1), их принципиальным различием являются форма, габариты и материал из которого они изготовлены.

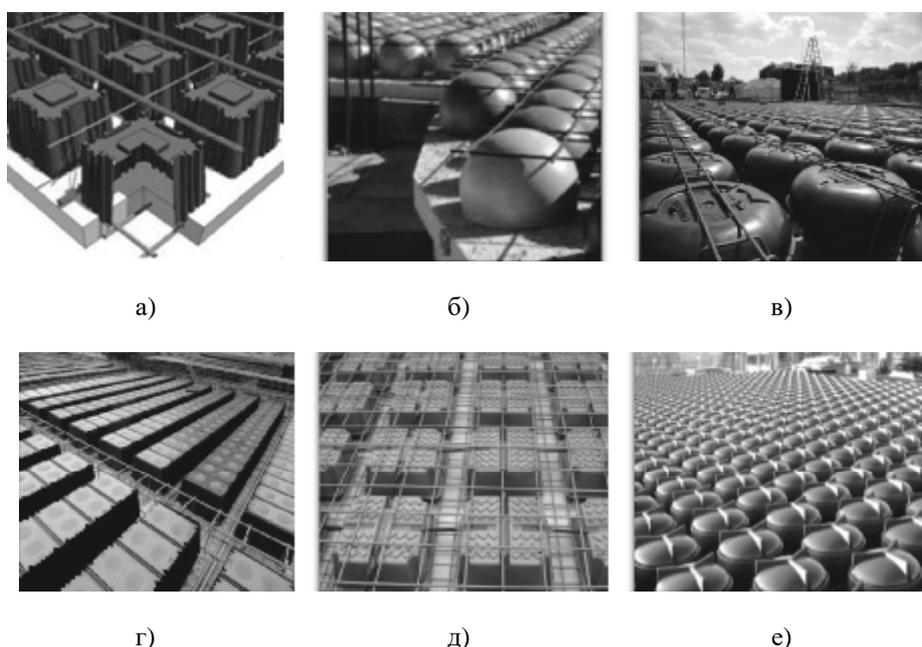


Рис. 1. Виды монолитных железобетонных перекрытий с неизвлекаемыми пустотообразователями: а – Airdeck; б – BubbleDeck; в – Cobiax; г – U-BahnBeton; д – U-BootBeton; е – Beeplate

Устройство монолитных железобетонных перекрытий с неизвлекаемыми пустотообразователями позволяет значительно снизить массу перекрытий. Благодаря данному преимуществу устанавливается возможным избежать выступающих капителей и балок между колоннами, увеличить пролеты между колоннами и, соответственно, уменьшить количество колонн. Уменьшение веса перекрытий ведет к снижению общей нагрузки на колонны и фундамент, что приводит к оптимизации сечения колонн и толщины фундаментной плиты.

Технология устройства монолитных перекрытий с применением пустотообразователей

Выделяют несколько технологий устройства плит перекрытия с применением пустотообразователей. Так, в работе [13] описывается технология, по которой на первом этапе выполняется монтаж опалубки. На втором этапе производят укладку нижней арматурной сетки и каркаса ребер между пустотообразователями. На третьем этапе осуществляется бетонирование нижней полки перекрытия. Установку пустотообразователей следует производить на свежееуложенный бетон, для их сцепления (до набора прочности бетона более 1,5МПа), что исключает их всплытие при последующем бетонировании. На четвертом этапе выполняется монтаж верхней

арматурной сетки и бетонирование верхней части перекрытия. При этом бетон следует укладывать сначала на пустотообразователи, далее на ребра.

Недостатком данной технологии является двухстадийный процесс бетонирования, в связи с чем, возникают проблемы обеспечения адгезии и гидроизоляции рабочего шва. Механические воздействия, возникающие при установке пустотообразователей на свежееуложенный бетон нижней полки плиты чреваты возникновением дефектов его структуры и свойств. Следует отметить низкие показатели прочности и трещиностойкости бетона нижнего пояса плит в связи с ее относительно малой толщиной. Кроме того непрерывность процесса бетонирования верхней части перекрытия затрудняется необходимостью укладки бетона сначала на пустотообразователи, а затем на ребра.

Другая технология, описанная в работе [14] отличается тем, что после монтажа опалубки и укладки нижней арматурной сетки и каркаса ребер, производят монтаж пустотообразователей с последующей укладкой верхней арматурной сетки и бетонированием. Укладку бетона осуществляют в два этапа. На первом этапе бетонированию подвергается нижний пояс плиты перекрытия, с технологической выдержкой необходимой для набора бетоном прочности более 1,5 МПа. На втором этапе бетонированию подвергается ребра между пустотообразователями и верхнюю полку плиты перекрытия.

Помимо недостатков, отмеченных в первом методе, в данной технологии следует отметить сложность процесса первого этапа бетонирования нижнего пояса плиты перекрытия. При не обеспечении достаточной толщины этого слоя не произойдет адгезия пустотообразователей, что приведет к их всплытию при втором этапе бетонирования. Чрезмерная толщина первого слоя приведет к всплытию пустотообразователей, что не обеспечит их проектное положение.

Третий способ устройства монолитных перекрытий с использованием пустотообразователей [15] позволяет осуществить переход к одностадийному бетонированию на всю толщину плиты перекрытия за счет применения специальных фиксаторов, которые обеспечивают проектное положение пустотообразователей при их всплытии в процессе бетонирования. Технология устройства плиты перекрытия с пустотообразователями по данному способу включает следующие процессы: монтаж опалубки, укладка нижней арматурной сетки и каркаса ребер, установку пустотообразователей, монтаж фиксаторов пустотообразователей, укладка верхней арматурной сетки, бетонирование в один слой.

Недостатком данного способа связанного с применением фиксаторов является необходимость сверления отверстий в опалубке под фиксирующие скобы, что увеличивает трудоемкость работ и приводит к быстрому изнашиванию опалубки перекрытия.

Данная технология устройства монолитных перекрытий с применением пустотообразователей по нашему мнению является наиболее эффективной, так как осуществляется при одностадийном бетонировании, но, не смотря на это, нижний пояс плит перекрытий отличается относительно невысокой прочностью и трещиностойкостью в связи с ее малой толщиной. Также к недостатку следует отнести отсутствие в нашей стране необходимой нормативной базы по расчету, проектированию, изготовлению и устройству монолитных перекрытий с применением пустотообразователей и производственной базы по их производству.

Способ устранения недостатков монолитных перекрытий с применением пустотообразователей и специальных фиксаторов

Для устранения недостатка невысокой прочности и трещиностойкости нижнего пояса плит перекрытий авторами предлагается применение сталефибробетонных смесей при бетонировании. Известно [16], что введение стальных волокон в бетон в количестве 20-50 кг на 1 м³ повышает прочность на растяжение при изгибе в 2-3 раза, на сжатие до 10-50 %, на осевое растяжение до 50-80 %, ударную вязкость в 8-10 раз, модуль упругости до 20 %, трещиностойкость в 2-3 раза, долговечность – в 2 раза. Не менее чем на класс повышается морозостойкость и водонепроницаемость. Это дополнительно позволит сократить расход арматуры в железобетонных конструкциях, что компенсирует затраты связанные с удорожанием бетона с волокнами.

Для сравнения материалоемкости сплошного монолитного железобетонного перекрытия, монолитного железобетонного перекрытия с неизвлекаемыми пустотообразователями и монолитного сталефибробетонного перекрытия с неизвлекаемыми пустотообразователями и были выполнены расчеты по предельным состояниям первой и второй группы по СП 52-101-2003 в соответствии с требованиями пп. 6.1.1-6.1.10. Для примера была принята часть плиты перекрытия по технологии Daliform Group для системы U-Boot Beton с размерами в плане 1,44×1,44 м.

По результатам расчетов установлено, что применение монолитного сталефибробетонного перекрытия с неизвлекаемыми пустотообразователями позволяет снизить процент армирования на 9,82 %, по сравнению с другими исследуемыми вариантами, снизить расход бетона по сравнению со сплошной монолитной плитой почти в 2 раза.

Важным критерием достижения эффективности монолитных перекрытий с неизвлекаемыми пустотообразователями является соблюдение технологии их устройства, что достигается своевременным контролем качества на этапах входного, операционного и приемочного контроля. На следующем этапе исследований изучены основные дефекты и повреждения монолитных перекрытий с неизвлекаемыми пустотообразователями и причины их возникновения. Предложен состав операций и средства контроля процессов устройства перекрытий.

Основные дефекты и повреждения монолитных перекрытий с неизвлекаемыми пустотообразователями

На данном этапе рассмотрены наиболее характерные дефекты и повреждения, возникающие при строительстве и в процессе эксплуатации монолитных перекрытий из фибробетона с неизвлекаемыми пустотообразователями, а также причины их возникновения (табл. 1).

Таблица 1

Характерные дефекты и повреждения возникающие при возведении монолитных перекрытий с неизвлекаемыми пустотообразователями и причины их возникновения

Конструктивный элемент	Наименование дефектов и повреждений	Причины возникновения
Опалубка	Щели в стыковых соединениях, отклонения от проектных размеров	Применение несертифицированных изделий; несоответствие геометрических параметров изделий; несоблюдение проектных размеров при установке, ненадлежащее крепление щитов опалубки
Арматура	Не точность установки арматурных изделий, коррозия элементов, некачественно выполненная сварка (вязка) узлов каркаса	Применение несертифицированных изделий; воздействие агрессивных сред; отсутствие у арматурщиков соответствующей квалификации
Муфта для крепления пустотообразователей	Коррозия элементов, несоответствие геометрических параметров	Применение несертифицированных изделий; нарушение правил транспортировки и хранения; механические воздействия; отсутствие защитного покрытия; воздействие агрессивных сред
Пустотообразователи	Смещение пустотообразователей в горизонтальном и вертикальном направлениях	Применение несертифицированных изделий; несоответствие геометрических параметров изделий; несоблюдение проектных размеров при установке
Фибробетон	Неоднородность смеси	Нарушение технологии производства; нарушение технологии бетонирования;

Как видно из табл. 1, наиболее распространенными причинами появления дефектов и повреждений, возникающих при строительстве данных плит перекрытий, являются не обеспечение контроля операций на этапах подготовительных работ, монтажа пустотообразователей, приемки выполненных работ.

Контроль качества при установке пустотообразователей и монтаже фиксаторов

Состав операций и средства контроля на подготовительном этапе, при монтаже пустотообразователей и приемке выполненных работ при установке пустотообразователей и монтаже фиксаторов приведен в табл. 2.

Таблица 2

Состав операций и средства контроля

Этапы работ	Контролируемые операции	Контроль (метод, объем)	Документация
Подготовительные работы	Проверить: - наличие документа о качестве и соответствие характеристик пустотообразователя проектным; - качество поверхности, точность геометрических параметров, внешний вид вкладышей, соединительных муфт и фиксаторов; - наличие акта освидетельствования (приемки), ранее выполненных работ; - очистку опорных поверхностей ранее смонтированных и поднимаемых пустотообразователей от мусора, грязи, снега и наледи; - наличие ориентировочных рисков, определяющих проектное положение монтируемого вкладыша.	Визуальный Измерительный, каждый элемент Визуальный Визуальный Визуальный	Паспорта (сертификаты качества), общий журнал работ, акт освидетельствования (приемки) ранее выполненных работ.
Монтаж пустотообразователей	Контролировать: - установку вкладышей в проектное положение: отклонение от оси в продольном и поперечном направлениях – контроль установки муфт (отклонение по горизонтали) и контроль высоты ножки (отклонение по вертикали); - установки фиксаторов пустотообразователей.	Измерительный Измерительный	Общий журнал работ
Приемка выполненных работ	Проверить: - фактическое положение смонтированных пустотообразователей; - внешний вид лицевых поверхностей; - несущую способность пустотообразователя.	Измерительный Визуальный Измерительный	Акт освидетельствования (приемки) выполненных работ, исполнительная геодезическая схема
Контрольно-измерительный инструмент: рейка-отвес, уровень строительный, линейка металлическая, нивелир, теодолит.			
Операционный контроль осуществляют: мастер (прораб), геодезист – в процессе работ. Приемочный контроль осуществляют: работники службы качества, мастер (прораб), представители технадзора заказчика.			

Технические требования:

а) геометрические размеры пустотообразователей, должны соответствовать требованиям, приведенным на рис. 2.

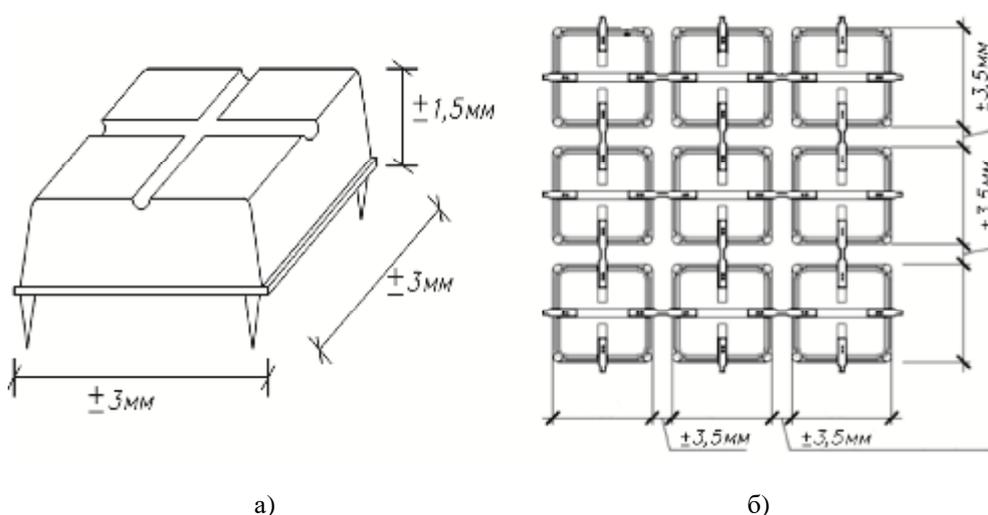


Рис. 2. Технические требования к геометрическим размерам пустотообразователей:
 а – допустимые отклонения геометрических размеров пустотообразователей по длине, ширине и высоте; б – допустимые отклонения расстояния между пустотообразователями для продольных и поперечных балок

б) Требования к качеству применяемых материалов и приемки.

Материал пустотообразователей должен отвечать требованиям нормативных документов для данного вида продукции. Пустотообразователи должны обладать прочностью, жесткостью, неизменяемостью формы и устойчивостью в рабочем положении, в условиях монтажа и транспортирования.

Пустотообразователи должны быть прочно закреплены друг с другом с помощью соединительных муфт при раскладке. Не допускается использовать при монтаже поврежденные пустотообразователи – трещины, неисправность ножки, не симметричность вкладыша, перекошенность, так же их замена на другой без внесения изменений в проектную документацию.

При приемке опалубки необходимо проверить наличие паспорта с инструкцией по монтажу и эксплуатации пустотообразователей, проверить геометрические размеры, качество рабочих поверхностей, качество поверхностей, не соприкасающихся с бетоном.

При монтаже пустотообразователей замеряют несущую способность их верхней стороны. Допустимая вертикальная равномерно-распределенная нагрузка на верхнюю сторону вкладыша (для площадки размерами не более 43×43 см) составляет не более 1,2 тс/м².

Заключение

1. По результатам анализа литературы рассмотрены различные технологии устройства монолитных перекрытий с применением пустотообразователей. Определены их достоинства и недостатки. Выявлено, что наиболее эффективной является технология с применением специальных фиксаторов, позволяющих бетонировать плиту перекрытия на всю толщину в один этап, принятая для дальнейших исследований.

2. По результатам выявленных недостатков в виде невысокой прочности и трещиностойкости нижнего пояса плит перекрытий исследуемой технологии предложено использование сталефибробетонных смесей при бетонировании.

3. По результатам выполненных расчетов установлено, что использование сталефибробетонна в перекрытиях с неизвлекаемыми пустотообразователями позволяет снизить процент армирования на 9,82 %, по сравнению с другими исследуемыми вариантами, снизить расход бетона по сравнению со сплошной монолитной плитой почти в 2 раза.

4. Выявлены основные дефекты и повреждения, возникающие при строительстве и в процессе эксплуатации монолитных перекрытий из сталефибробетона с неизвлекаемыми пустотообразователями и установлены основные причины их возникновения. Предложен состав операций и средства контроля.

Список библиографических ссылок

1. Фоломеев А. А. Снижение материалоемкости железобетонных конструкций. М. : Стройиздат, 1974. 66 с.
2. Воеводин А. А. Предварительно напряженные системы элементов конструкций. М. : Стройиздат, 1989. 304 с.
3. Иванов И. А. Легкие бетоны на искусственных пористых заполнителях. М. : Стройиздат, 1993. 182 с.
4. Бугаевский С. А. Современные облегченные железобетонные перекрытия с применением неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей // Научный вестник строительства. 2015. № 692. С.74–75.
5. AirDeck System // airdeck.com: официальный сайт AirDeck System.2013. URL: <http://www.airdeck.com/> (дата обращения: 16.03.2018).
6. Tina, Lai. Structural Behavior of BubbleDeck Slabs and Their Application to Lightweight Bridge Decks // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2017. № 45. P. 54.
7. Mota Mike. Voided two-way flat plate slabs // STRUCTURE magazine. 2009. № 7. P. 7.
8. Чураков А. Г. Двухосная пустотная плита с инновационными видами пустот // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 6 (21).С.70–88.
9. Карапетян А. Х. Технология Cobiax: экономично – экологично – быстро // Вестник Российского союза строителей. 2013. № 2. С. 20–21.
10. CobiaxTechnologiesAG // cobiax.com : официальный сайт Cobiax. 2014. URL: <http://www.cobiax.com/startseite> (дата обращения: 17.03.18).
11. DALIFORMgroup // daliform.com : официальный сайт DALIFORM. 2014. URL: <http://ru.daliform.com/prodotti/categorie.php> (дата обращения: 18.03.18).
12. Beeplate System // beeplate.com : официальный сайт Beeplate System. 2014. URL: <http://www.beeplate.com> (дата обращения: 18.03.18).
13. Способ устройства железобетонного перекрытия облегченного типа : пат. 69346 Украина, № 201112222 ; заявл. 18.10.2011 ; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8. 1 с.
14. Способ устройства облегченного железобетонного перекрытия : пат.75556 Украина, № 201204865 ; заявл. 18.04.2012 ; опубл. 10.12.2012, Бюл. № 23. 2 с.
15. Способ изготовления многополостной железобетонной монолитной плиты: пат. 65670 Украина, № 20023032057 ; заявл. 07.03.2003 ; опубл. 15.12.2003, Бюл. № 12. 1 с.
16. Изотов В. С., Мухаметрахимов Р. Х., Сабитов Л. С. Экспериментальные исследования эффективности дисперсного армирования растянутой зоны бетонных изгибаемых элементов // Научный журнал строительства и архитектуры. 2010. № 1. С. 119–125.

Mukhametrakhimov Rustem Khanifovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: muhametrahimov@mail.ru**Khuzin Airat Faritovich**

candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: airat.khuzin2010@yandex.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenayast., 1

Khamidullina Dinara Damirovna

engineer of production and technical department

LLC «ProjectStroyMontazh»

The organization address: 420087, Russia, Kazan, Kurchatova st., 6

Technology of device and quality control of monolithic steel-fiber concrete slabs using emptiness-formers

Abstract

Problem statement. The purpose of this work is studying the features of the technology of monolithic slabs with emptiness-formers, to identify its disadvantages and suggest ways to eliminate them.

Results. At the first stage, the reasons for the low quality of monolithic slabs with emptiness-formers are studied and the ways to eliminate the identified disadvantages are proposed. At the second stage, the main defects and damages arising in construction, repair and operation of these floor slabs are determined. At the third stage, the features of the quality control system, carried out directly at the production of monolithic slabs with the use of emptiness-formers, operation list and control means are proposed.

Conclusions. The significance of presented results for the construction industry is to improve the quality of monolithic slabs using emptiness-formers. The use of steel fiber concrete slabs with a unrecoverable emptiness-formers allows to reduce the percentage of reinforcement by 9,82 %, compared to the other studied form of slabs and to reduce the consumption of concrete compared to a solid monolithic slab almost two times.

Keywords: lightweight monolithic slab, an efficient structural shape, unrecoverable emptiness-formers.

References

1. Folomeev A. A. Reduction of material consumption of reinforced concrete structures. M. : Stroyizdat, 1974. 66 p.
2. Voevodin A. A. Prestressed systems of structural elements. M. : Stroyizdat, 1989. 304 p.
3. Ivanov I. A. Light weight concrete on artificial porous aggregates. M. : Stroyizdat, 1993. 182 p.
4. Bugaevskiy S. A. Modern lightweight reinforced concrete floors with the use of non-removable void-form liners // *Naychniy vestnik stroitelstva*. 2015. № 692. P. 74–75.
5. AirDeck System // *airdeck.com*: official site AirDeck System. 2013. URL: <http://www.airdeck.com/> (reference date: 16.03.2018).
6. Tina, Lai. Structural Behavior of BubbleDeck Slabs and Their Application to Lightweight Bridge Decks // *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2017. № 45. P. 54.
7. Mota Mike. Voided two-way flat plate slabs // *STRUCTURE magazine*. 2009. № 7. P. 7.
8. Churakov A. G. Biaxial hollow slab with innovative types of voids // *Stroitelstvo unikalnih zdaniy I sooruzheniy*. 2014. № 6 (21). P. 70–88.
9. Karapetyan A. H. Cobiax technology: cost – effective- environmentally friendly – fast // *Vestnik Rossiyskogo soyuza stroiteley*. 2013. № 2. P. 20–21.
10. Cobiax Technologies AG // *cobiax.com* : official site Cobiax. 2014. URL: <http://www.cobiax.com/startseite> (reference date: 17.03.18).
11. DALIFORMgroup // *daliform.com* : official site DALIFORM. 2014. URL: <http://ru.daliform.com/prodotti/categorie.php> (reference date: 18.03.18).
12. Beeplate System // *beeplate.com* : official site Beeplate System. 2014. URL: <http://www.beeplate.com/> (reference date: 18.03.18).
13. Production technology of lightweight reinforced concrete : patent 69346 of the Ukraine, № 201112222 ; decl. 18.10.2011 ; publ. 25.04.2012, Bull. in № 8. 1 p.
14. Production technology of lightweight reinforced concrete : patent 75556 of the Ukraine, № 201204865 ; decl. 18.04.2012 ; publ. 10.12.2012, Bull. in № 23. 2 p.
15. Production technology of multi-cavity reinforced concrete monolithic plate: patent 65670 of the Ukraine, № 20023032057 ; decl. 07.03.2003 ; publ. 15.12.2003, Bull. in № 12. 1 p.
16. Izotov V. S., Mukhametrakhimov R. K., Sabitov L. S. Experimental studies of the efficiency of dispersed reinforcement of the stretched zone of concrete bending elements // *Nauchnyy gurnal stroitelstva i arhitekturi*. 2010. № 1. P. 119–125.