

8. Шмицько Е. И. Химия цемента и вяжущих веществ: учебн. пособие / Е.И. Шмицько, А.В. Крылова, В. В. Шаталова // Воронеж: 2005. – 164 с.
9. Itoh Y., Yoshida A., Tsuchiya M., Katoh K. An experimental study on abrasion of concrete due to sea ice / Itoh Y., Yoshida A., Tsuchiya M., Katoh K. // Proc. of Offshore Technology Conference, 2–5 May 1988. 1988. P. 297-305.
10. Волженский А. В. Минеральные вяжущие вещества: (технология и свойства). Учебник для вузов / А. В. Волженский, Ю. С. Буров, В. С. Колокольников // М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.

УДК 692.52:624.012.3/4

**Бугаевский С.А.**

*Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова*

### **СОВРЕМЕННЫЕ ОБЛЕГЧЕННЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕИЗВЛЕКАЕМЫХ ВКЛАДЫШЕЙ-ПУСТОТООБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

**Введение.** Основная идея применения неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей состоит в уменьшении веса конструкции путем удаления из нее материала, который не принимает участие в работе, не ухудшив при этом прочностные характеристики. Железобетонные перекрытия с вкладышами могут иметь несущую способность и изгибную жесткость больше, а вес на 20-40% меньше, чем сплошные элементы. Более того, возникает возможность создания пролётов большего размера, уменьшения общего веса конструкции сооружения, приходящегося на фундамент. При этом достигается экономия за счет доставки на объект меньшего количества бетонной смеси для бетонирования конструкций.

**Анализ публикаций.** В последние годы за рубежом в качестве неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей нашли широкое применение унифицированные модули, изготавливаемые из полимерных материалов различной формы [1-15]. К технологиям изготовления облегченных железобетонных перекрытий с

неизвлекаемыми вкладышами-пустотообразователями относятся: Airdeck, Bubble Deck, Nautilus, Cobiax, Beeplate, U-Boot Beton, U-Bahn Beton и Donut Type (рис. 1).

В странах бывшего Советского Союза предпринимались попытки анализа технологий возведения облегченных железобетонных перекрытий с применением унифицированных модулей, изготавливаемых из полимерных материалов в качестве неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей [16-17], однако работы не имели системный характер.

**Цель и постановка задачи.** Целью данной работы является сравнение различных конструкций облегченных железобетонных перекрытий с неизвлекаемыми вкладышами-пустотообразователями, а также определение возможности применения современных технологий изготовления облегченных железобетонных перекрытий для строительной отрасли в Украине.

Задачей исследований является выработка критериев сравнения различных технологий изготовления облегченных железобетонных перекрытий.

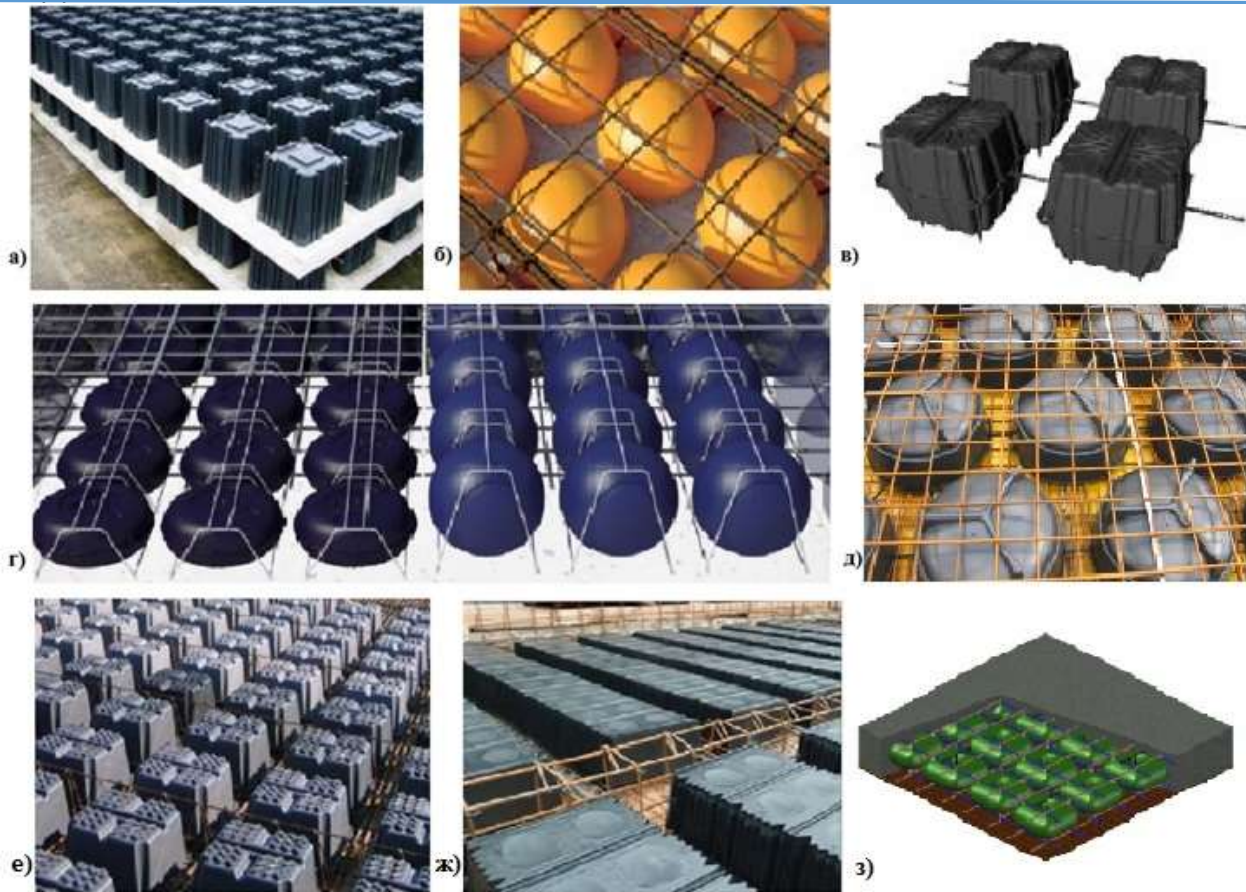


Рис. 1. Технологии применения полимерных вкладышей: а) Airdeck; б) BubbleDeck; в) Nautilus; г) Cobiax; д) Beeplate; е) U-Boot Beton; ж) U-Bahn Beton; з) Donut Type

**Конструктивная реализация облегченных железобетонных перекрытий.** По технологии Airdeck [3] на заводе изготавливают нижнюю обшивку плиты перекрытия в виде сборной железобетонной конструкции с втиснутыми пластиковыми элементами, называемыми легкие коробки (airboxes). Нижняя обшивка плиты перекрытия имеет стандартные размеры: толщину 60 мм, длину 9 м и ширину до 4 м. Вкладыши-пустотообразователи airboxes получают литьем под давлением повторно использованного полипропилена. Рабочие размеры вкладышей-коробок 20×20 см, а высота зависит от тол-

щины перекрытия и изменяется в интервале от 12 до 35 см (табл. 1). Основные технико-экономические показатели конструкций перекрытия приведены в табл. 2.

Шаг вкладышей-коробок постоянен и равен 30 см. Между рядами вкладышей размещают арматурные сетки для закрепления оставшейся арматуры железобетонной конструкции (рис. 2). Преимущество этой технологии состоит в том, что не требуется размещать неизвлекаемые вкладыши-пустотообразователи на строительной площадке во время бетонирования верхней части плиты перекрытия.

Таблица 1 – Типы перекрытий по технологии Airdeck [3]

Тип	Толщина перекрытия, мм	Высота вкладыша, мм	Длина плиты, м	Средний расход бетона, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>
A220-A270	220-270	120	6,0	0,124
A280-A330	280-330	180	7,5	0,159
A340-A380	340-380	240	9,0	0,195
A390-A440	390-440	290	10,5	0,226
A450-A500	450-500	350	12,0	0,264

Таблица 2 – Технично-економическіе показателі конструкцій перекриття по технології Airdeck [3]

Конструктивна товщина перекриття, см	Об'єм вкладкиша, см <sup>3</sup>	Шаг вкладкишей, см	Кількість вкладкишей, шт	Об'єм вкладкишей, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	Приведенна товщина перекриття, см
22	4100	30	11	0,045	17,5
28	6300	30	11	0,069	21,1
34	8600	30	11	0,094	24,6
39	10500	30	11	0,115	27,5
45	12900	30	11	0,142	30,8

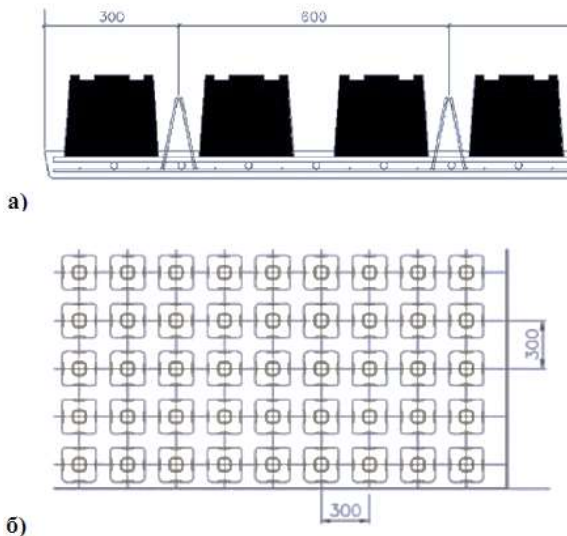


Рис. 2. Розміщення вкладкишей в плиті перекриття по технології Airdeck:  
а) поперечне сечення; б) в плані

По технології Airdeck спочатку укладають бетонну суміш в опалубку (рис.3, а) для формування нижньої обшивки плити (форма опалубки згідно проекту конструкції). Наступним етапом являється установка нижньої сітки разом з продольною арматурою, після чого автоматизована система розміщує вкладкиши по заданній схемі (рис. 3, б). Захисний шар між нижньою поверхнею плити і арматурою нижньої сітки забезпечують за рахунок поглиблення в свіжеуложену бетонну суміш пластикув фіксаторів. Данні роботи виконуються на заводі. Після твердіння бетону, плити можна транспортувати на будівельну площадку і встановлювати в проектне положення (рис. 3, в). Перед установкою плит з допомогою грузопідйомного крана, здійснюють розміщення підмостей, котрі підтримують плити для виконання

робот по укладці арматури верхньої сітки і бетонуванню залишеної часті конструкції облегченого перекриття (рис. 3, г).

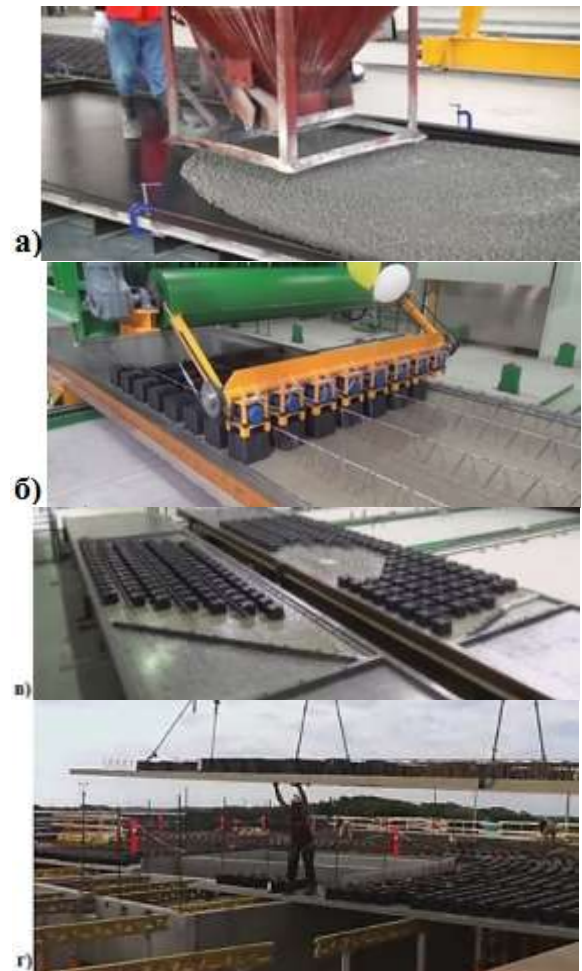


Рис. 3. Устрійство облегчених залізо-бетонних перекриттів по технології Airdeck: а) бетонування збірної часті плити; б) автоматическа установка вкладкишей-пустотообразователей; в) плити, готові к транспортуванню; г) установка плит на проектне положення



Технология BubbleDeck [2, 4, 17] подразделяется на три типа:

Тип А – сборные плиты - аналог технологии Airdeck (отличается только армированием и формой вкладыша-пустотообразователя).

Тип В – плоские арматурные модули, состоящие из вкладышей и арматурного каркаса (размер аналогичен типу А). Арматурные модули устанавливаются в опалубку на строительной площадке, а затем осуществляют бетонирование в 2 этапа на всю толщину облегченного железобетонного перекрытия.

Тип С – готовые сборные железобетонные плиты перекрытия заводского изготовления доставляют на строительную площадку для установки в проектное положение.

В качестве пустотообразователей [4, 5] применяют полые шары сферической или эллиптической формы из переработанного пластика (полиэтилен, поливинилпропилен или поливинилхлорид) диаметром от 18 до 36 см, в зависимости от толщины бетонируемой плиты перекры-

тия (рис. 4, табл. 3). Вкладыши расположены внутри арматурного модуля и удерживаются в проектном положении благодаря специальной форме ячеек нижней и верхней арматурной сетки (рис 1, б). Основные технико-экономические показатели конструкции перекрытия приведены в табл. 4.

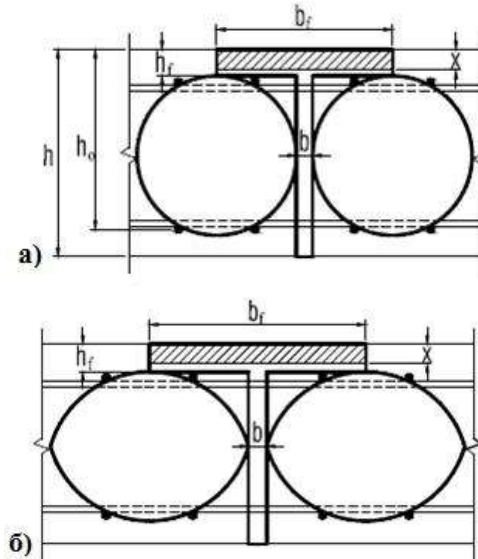


Рис. 4. Форма вкладышей по технологии BubbleDeck: а) сферической формы; б) эллиптической формы

Таблица 3 – Типы перекрытий по технологии BubbleDeck [4]

Тип	Толщина перекрытия, мм	Диаметр вкладыша, мм	Толщина бетона между вкладышами, мм	Длина плиты, м	Ширина плиты, м	Средний расход бетона, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>
BD230	230	180	20	5,0-8,1	≤2,2	0,112
BD280	280	225	25	7,0-10,1	≤2,7	0,147
BD340	340	270	30	9,0-12,5	≤3,3	0,192
BD390	390	315	35	10,0-14,4	≤3,8	0,224
BD450	450	360	40	11,0-16,7	≤4,5	0,271
BD510	510	-	-	-	-	0,316
BD600	600	500	56	-	-	0,374

Принцип изготовления на заводе облегченных железобетонных перекрытий (тип А) по технологии BubbleDeck аналогичен технологии Airdeck. Однако разница заключается в том, что предварительно изготовленные арматурные модули в виде готовых блоков (рис. 5, а), состоящих из нижней и верхней сетки, а также продольной арматуры вместе с вкладышами-пустотообразователями, погружают в свежеложенный бетон. Установку арматурных

модулей в проектное положение обеспечивают за счет предварительно погруженных пластиковых фиксаторов. На арматурные модули через деревянные брусья кладут бетонные балки в виде пригруза для предотвращения их всплытия (рис. 5, б). Далее готовые плиты транспортируют на строительную площадку и добетонируют для получения облегченного железобетонного перекрытия (рис. 5, в).

Таблица 4 – Технично-економическіе показателі конструкцій перекриття по технології BubbleDeck [4]

Конструктивна товщина перекриття, см	Об'єм вкладыша, см <sup>3</sup>	Шаг вкладышей, см	Кількість вкладышей, шт	Об'єм вкладышей, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	Приведенна товщина перекриття, см
23	3052	20	25,3	0,076	15,4
28	5500	25	17,2	0,095	18,5
34	10300	30	11,2	0,115	22,5
39	16200	35	8,3	0,134	25,6
45	24400	40	6,2	0,153	29,7



Рис. 5. Устрійство об'легчених залізобетонних перекриттів по технології BubbleDeck: а) виготовлення блоку з вкладышей з арматурою; б) установка блоку вкладышей в арматуре на нижню обшивку; в) добетонування верхньої обшивки

Технологія Sobіах [6-8] для устрійства об'легчених залізобетонних перекриттів примієє технологісний арматурний модуль для пространсвенної фіксації пустоїообразователів в теле плити в проектном положенні і предотвращення змієєння цього положення в хое бетонування. В арматурном каркасе располаєєт собсвенно пустоїообразователі, ізгоівленніє із вторичного поліпропілена

(рис. 6, а). Арматурніє модулі, в основном, предназначенніє для іспользовання в монолітних залізобетонних перекриттях, однак примієєють варіант, аналогісний технології Airdeck, когда на заводе ізгоівляють сборнує плиту з арматурними модулями для дальнєйшого добетонування перекриття на строїтельной площадке (рис. 6, б). Разлісчают два тпєє лієєньїх арматурних модулів з неізвлєєкаєємыми вкладышами-пустоїообразователієми: в формєє еліпсоїда вращення (система «Slim-Line») для бетонування перекриття товщиной от 20 до 35 см і в формєє сферісческого шара (система «Eco-Line») для перекриттів товщиной от 30 до 60 см (рис. 6, в).

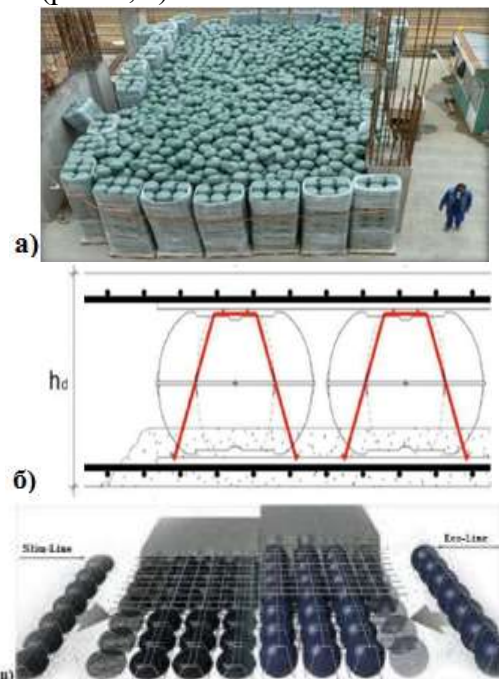


Рис. 6. Конструкція арматурних модулєє по технології Sobіах: а) вкладыші; б) розмієєщення вкладышей в арматурном модулі; в) расстановка арматурних модулєє

## БУДІВНИЦТВО

Характеристики перекрытий и запатентованных арматурных модулей длиной 250 см по технологии Cobiax приведены в табл. 5-8.

Проектирование конструкций с применением полых вкладышей осуществляется аналогично проектированию массивных железобетонных элементов в соответствии с действующими строительными нормами. На первом этапе конструируется и рассчитывается на требуемую нагрузку конструкция и подбирается ее армирование. Результаты расчета переносятся в

калькулятор технологии Cobiax для размещения арматурных модулей в конструкцию. По результатам подбирается тип модулей, и рассчитываются параметры конструкции. На втором этапе производится уточняющий расчет прочности конструкции с измененными параметрами – собственным весом плиты и геометрическими размерами (при необходимости). Итог расчета – вычисление мест установки модулей и окончательные параметры конструкции.

Таблица 5 – Типы арматурных модулей по технологии Cobiax (система «Slim-Line») [8]

Тип	Толщина перекрытия, мм	Высота вкладыша, мм	Высота арматурной клетки, см	Средний расход бетона, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>
S-100	200	100	11,5	0,056
S-120	220	120	13,5	0,066
S-140	250	140	15,5	0,075
S-160	280	160	17,5	0,084
S-180	300	180	19,5	0,093
S-200	320	200	21,5	0,102
S-220	350	220	23,5	0,112
S-240	380	240	25,5	0,124
S-260	400	260	27,5	0,135

Таблица 6 – Техничко-экономические показатели конструкций перекрытия по технологии Cobiax (система «Slim-Line») [8]

Конструктивная толщ. перекрытия, см	Объем вкладыша, см <sup>3</sup>	Шаг вкладышей, см	Количество вкладышей, шт	Объем вкладышей, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	Приведенная толщина перекрытия, см
20	6364	35	8,8	0,056	14,4
22	7500	35	8,8	0,066	15,4
25	8523	35	8,8	0,075	17,5
28	9545	35	8,8	0,084	19,6
30	10568	35	8,8	0,093	20,7
32	11591	35	8,8	0,102	21,8
35	12727	35	8,8	0,112	23,8
38	14091	35	8,8	0,124	25,6
40	15341	35	8,8	0,135	26,5

Таблица 7 – Типы арматурных модулей по технологии Cobiax (система «Eco-Line») [8]

Тип	Толщина перекрытия, мм	Диаметр вкладыша, мм	Высота арматурной клетки, см	Средний расход бетона, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>
E-270	400	270	28,0	0,115
E-315	450	315	32,5	0,134
E-360	500	360	37,1	0,153
E-405	550	405	41,6	0,172
E-450	600	450	46,2	0,191

Таблица 8 – Технично-економическіе показателі конструкцій перекриття по технології Sobiax (система «Eco-Line») [8]

Конструктивна товщина перекриття, см	Об'єм вкладкиша, см <sup>3</sup>	Шаг вкладкишей, см	Кількість вкладкишей, шт	Об'єм вкладкишей, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	Приведенна товщина перекриття, см
40	10300	30	11,2	0,115	28,5
45	16200	35	8,3	0,134	31,6
50	24400	40	6,2	0,153	34,7
55	33400	45	5,1	0,172	37,8
60	65400	50	2,9	0,191	40,9

Роботи по установці вкладкишей для системи «Slim-Line» і «Eco-Line» виконують в наступній послідовності:

- доставка Sobiax-модулів (лінійними або просторовими модулями) к месту производства работ;
- монтаж і фіксація Sobiax-модулів в соответствии с чертежами (Sobiax-планами) раскладки на перекритті по нижньому ряду рабочей арматуры (рис. 7, а);



Рис. 7. Устройство облегченных железобетонных перекрытий по технологии Sobiax: а) установка арматурных каркасов со вставленными вкладышами; б) бетонирование плиты

- контроль правильности монтажа (выдерживание межосевых расстояний) пустотообразователей на нижнем ряду рабочей арматуры;

- монтаж верхнего ряда арматуры.

При укладке монолитного бетона выполняют бетонирование в два слоя для компенсации подъемной силы при заливке. Первый слой укладывают толщиной, позволяющей закрыть на 3-5 см нижний ряд рабочей арматуры с выдержкой до 35 минут (до начала схватывания бетонной смеси), а затем бетонируют второй слой до проектной отметки плиты (рис. 7, б).

Daliform Group [9] предлагает технологию устройства из монолитного бетона облегченных перекрытий по двум системам U-Boot Beton и U-Bahn Beton.

Система U-Boot Beton применяет вкладыши блочной формы из рециклированного полипропилена, с рабочими размерами 52×52 см и высотой от 10 до 56 см. Использование вкладышей системы U-Boot Beton позволяет бетонировать плиты перекрытия толщиной от 20 до 76 см (рис. 8, а, б). Благодаря коническим ножкам, которые размещены по углам вкладыша, можно запроектировать толщину бетона железобетонных обшивок конструкций от 5 до 10 см с шагом 1 см. Расстояния между вкладышами-пустотообразователями выставляются с помощью распорных муфт с градуированной шкалой, имеющих два типа размера и обеспечивающих интервал 10-20 см и 22-28 см. Муфта вставляется в верхнюю часть вкладыша в выемки, где присутствуют специальные крепежные элементы. Благодаря данной системе соединение вкладышей является простым и быстрым в связи с отсутствием привязки к арматуре плиты перекрытия (рис. 8, в, г).

Система U-Bahn Beton представляет собой модульную опалубку из рециклиро-



## БУДІВНИЦТВО

ванного поліпропілена, спеціально розробану для реалізації однонаправлених плит перекрытия из монолитного железобетона. Вкладыши системы U-Bahn Beton представляют собой П-образные элементы с рабочими размерами 120×40 см и высотой 20 см. При этом используются аналогичные конические ножки, а

торцы вкладышей могут закрываться типовыми заглушками (рис. 9).

Характеристики перекрытий по технологии U-Boot Beton приведены в таблицах 9-10.

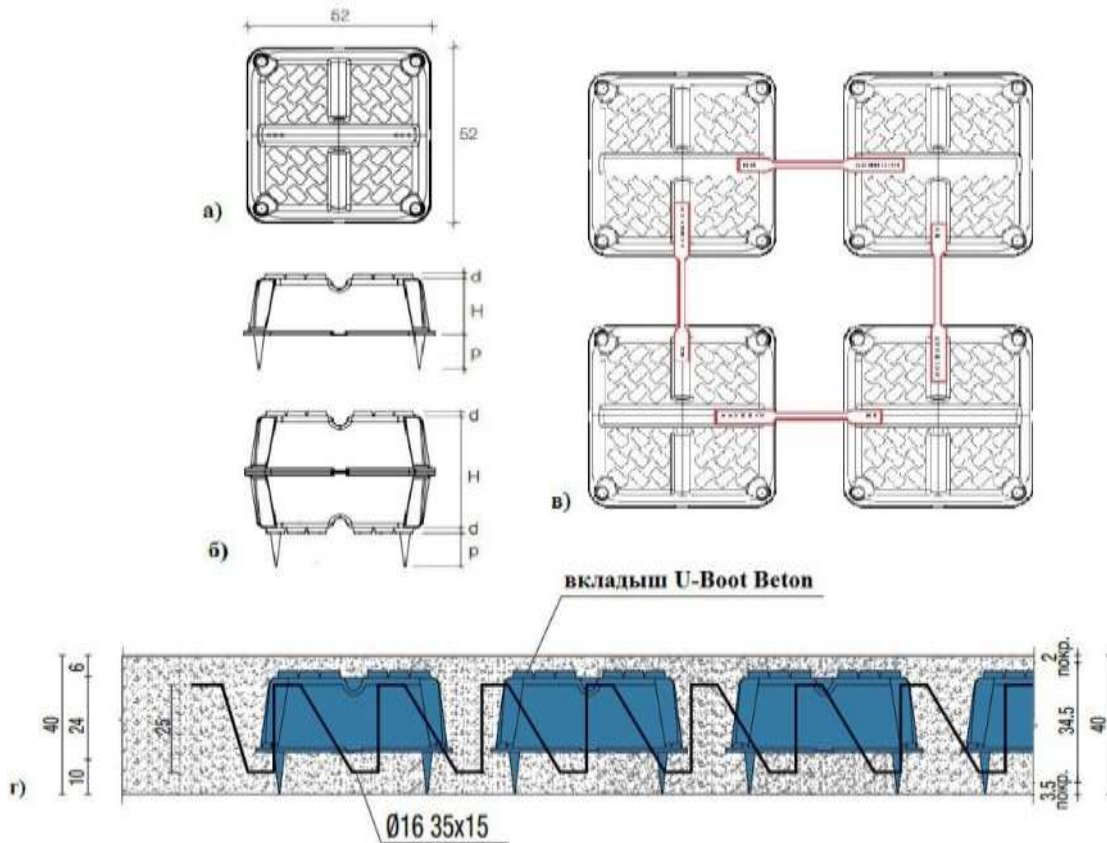


Рис. 8. Особенности конструкции перекрытий по технологии U-Boot Beton: а) вид вкладыша в плане; б) вид вкладыша в поперечном сечении; в) объединение вкладышей муфтами; г) перекрытие с вкладышами

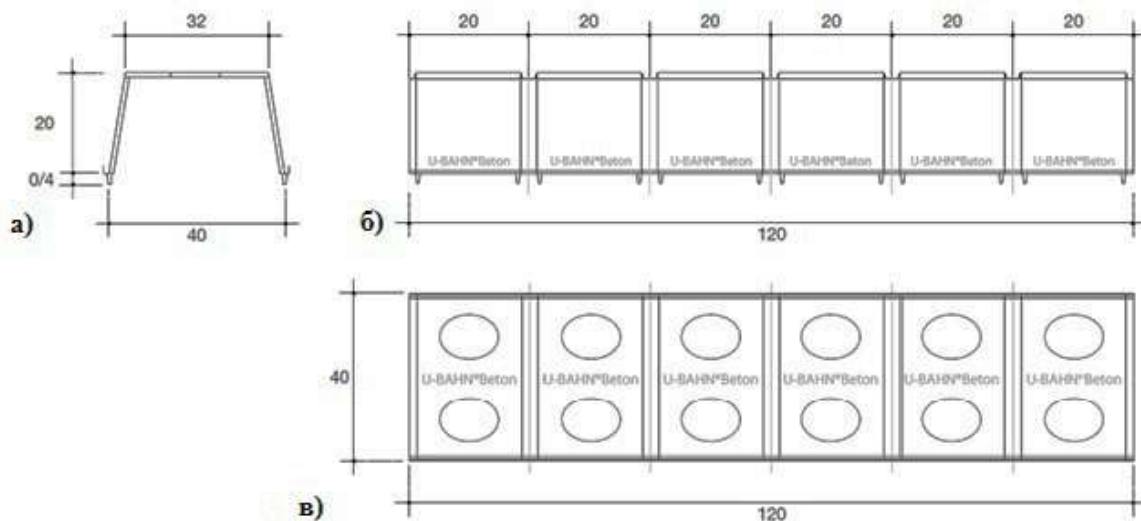


Рис. 9. Вкладыш по технологии U-Bahn Beton: а) поперечное сечение; б) продольное сечение; в) план



**Таблиця 9 – Вес плит перекрытия с вкладышами U-Boot Beton**

Толщина перекрытия, мм	Высота вкладыша, мм	Толщина обшивок, мм	Вес перекрытия с вкладышами, кг/м <sup>2</sup>
260	160	50	482,6
300	160	70	582,6
340	240	50	596,2
360	160	100	732,6
380	240	70	696,2
420	320	50	715,2
440	240	100	846,2
460	320	70	815,2
500	400	50	828,8
520	320	100	965,2
540	400	70	928,8
580	480	50	942,4
600	400	100	1078,8
620	480	70	1042,4
680	480	100	1192,4

**Таблиця 10 – Техничко-економические показатели конструкций перекрытия по технологии U-Boot Beton**

Конструктивная толщина перекрытия, см	Объем вкладыша, см <sup>3</sup>	Шаг вкладышей, см	Количество вкладышей, шт	Объем вкладышей, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	Приведенная толщина перекрытия, см
22	2100	64	2,44	0,051	16,9
23	2800	64	2,44	0,068	16,2
26	3100	64	2,44	0,076	18,4
30	3900	64	2,44	0,095	20,5
33	4900	64	2,44	0,120	21,0
34	4700	64	2,44	0,115	22,5
36	5200	64	2,44	0,127	23,3
38	5300	64	2,44	0,129	25,1
39	5900	64	2,44	0,144	33,0
42	6200	64	2,44	0,151	24,6
43	6700	64	2,44	0,164	26,6
44	6800	64	2,44	0,166	27,4
46	7000	64	2,44	0,171	28,9
47	7500	64	2,44	0,183	28,7
48	7400	64	2,44	0,181	29,9
50	7800	64	2,44	0,190	31,0
51	8100	64	2,44	0,198	31,2
54	8600	64	2,44	0,210	33,0
58	9400	64	2,44	0,229	35,1
62	10000	64	2,44	0,244	37,6
66	10600	64	2,44	0,259	40,1

По технологии Daliform Group для систем U-Boot Beton и U-Bahn Beton устройство из монолитного бетона облегченных перекрытий осуществляют на строительной площадке. Сначала устанавливают нижнюю арматурную сетку и продольную арматуру, а затем вручную размещают каждый по отдельности вкладыши с определенным шагом, регулируемым специальными муфтами (рис. 10, а). После чего, так же, как и в технологии Sobiax, осуществляют монтаж верхней арматурной сетки и бетонирование плиты в два слоя (рис. 10, б).



**Рис. 10. Устройство облегченных железобетонных перекрытий по системе U-Boot Beton: а) установка вкладышей-пустотообразователей; б) бетонирование плиты**

Полностью аналогична технологии Daliform Group (система U-Boot Beton) технология Geoplast со своей системой устройства облегченных перекрытий – Nautilus [10]. Незначительные отличия заключаются в виде вкладыша блочной формы из рециклированного полипропилена и конструкции распорной муфты для выдерживания расстояния между вкладышами-пустотообразователями.

Схожей с технологией Airdeck является технология Veerplate устройства облегченных перекрытий [11]. Основные особенности конструкций облегченных перекрытий по данной технологии заключаются в размещении вкладышей в плане, а также в монтаже специальной арматуры, соединяющей нижнюю и верхнюю сетки плиты перед началом бетонирования (рис. 11).

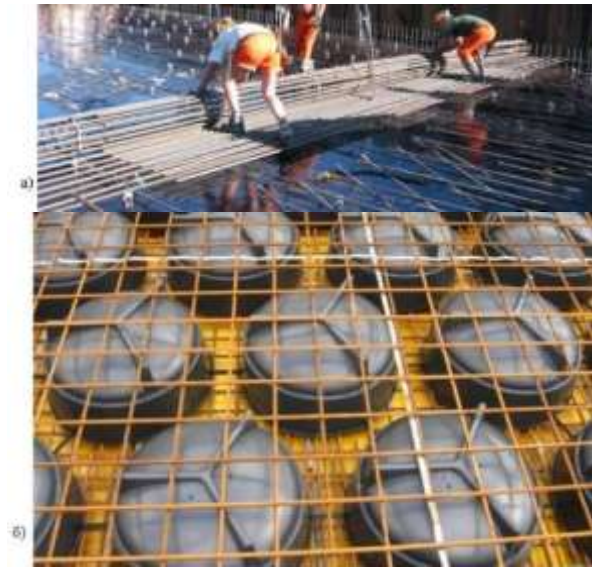


Рис. 11. Устройство облегченных железобетонных перекрытий по технологии Veerplate: а) раскладка нижней арматурной сетки; б) расстановка вкладышей

По технологии Donut Type [12-15] устройство облегченных железобетонных перекрытий осуществляют с применением специальной формы вкладыша, имеющего сквозное отверстие и облегчающее контроль укладки бетона под вкладышем (рис. 12). При этом фиксацию в проектное положение вкладыша выполняют наклонными хомутами, соединяющими нижнюю и верхнюю сетки плиты и проходящими, в том числе, через центральное отверстие во вкладыше.

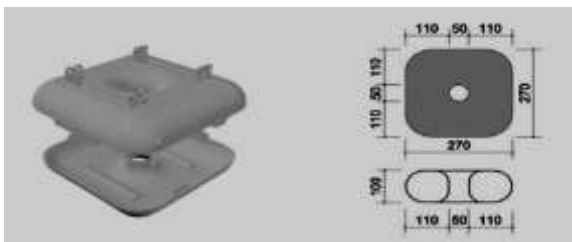


Рис. 12. Конструкция вкладыша, применяемого по технологии Donut Type

Все перечисленные технологии обладают несколькими существенными недостатками, не позволяющими широко их использовать в строительной отрасли Украины. Во-первых, отсутствие необходимой производственной базы для массового производства различных по форме полимерных вкладышей, а во-вторых, применение в качестве неизвлекаемых вкладышей призм из пенополистирола позволяет разнообразить форму внутренних пустот, не привязывая ее к типовому шагу, и обеспечить объем внутренних пустот до 50%. Вышесказанное подтверждает мировой опыт применения технологий облегченных конструкций с пенополистирольными вкладышами [18-21], в том числе и в Украине [17, 22-27].

Возведенный в 2013 г. небоскрёб «Santa Fe II» является самым высоким жилым сооружением в Мексике с высотой здания 167 м (рис. 13, а). Благодаря сочетанию пенополистирольных блоков и предварительному напряжению вес перекрытия составил всего лишь 3,5 кН/м<sup>2</sup> [21]. Предварительно напряжённые железобетонные перекрытия имеют толщину 250 мм. Пенополистирольные вкладыши-пустотообразователи расположены в плите с шагом 1 м в двух направлениях, обеспечивая уменьшение веса перекрытий небоскреба (рис. 14).

В современном промышленном и гражданском строительстве Украины находит широкое применение бетонирование конструкций перекрытий с неизвлекаемыми вкладышами-пустотообразователями из пенополистирола. Разработанная под руководством проф. Шмуклера В.С. технология успешно применяется при возведении зданий систем «РАМПА», «ИКАР», «ДОБОЛ» и «Монофант» [22-24]. Примерами применения в Украине (г. Харьков) облегченных железобетонных конструкций перекрытий являются реконструкция офисного здания на пл. Конституции (рис. 13, б), строительство центра бытового обслуживания населения на ул. Зерновой (рис. 13, в) и строительство второй очереди развлекательного комплекса «Місто» на ул. Клочковской (рис. 13, г), а также проект гостиницы для отдыха летчиков в аэропорту г. Харькова (рис. 13, д, е).





Рис. 13. Здания с применением облегченных железобетонных перекрытий: а) небоскрёб «Santa Fe II» (Мексика); б) офисное здание на пл. Конституции (г. Харьков, Украина); в) центр бытового обслуживания населения на ул. Зерновой (г. Харьков, Украина); г) развлекательный комплекс «Місто» (г. Харьков, Украина); д-е) варианты проекта гостиницы для отдыха летчиков в аэропорту г. Харькова



Рис. 14. Поперечное сечение перекрытий небоскреба



Предложенную технологию двухстадийного бетонирования облегченных железобетонных перекрытий рассмотрим на примере возведения второй очереди развлекательного комплекса «Місто» на ул. Клочковской.

После возведения колонн каркаса или несущих наружных и внутренних стен, устанавливают опалубку, на которую в проектное положение монтируют нижнюю арматурную сетку и арматурные каркасы продольных ребер, и выполняют бетонирование нижней обшивки облегченного железобетонного перекрытия (рис. 15, а). Установка заранее изготовленных вкладышей-пустотообразователей из пенополистирола осуществляется непосредственно на свежий бетон нижней обшивки перекрытия (рис. 15, б). При этом фиксация вкладышей осуществляется за счет сил сцепления бетона нижней обшивки и поверхности вкладышей. После установки вкладышей ожидают набор прочности бетона нижней обшивки не менее 1,5 МПа, для того, чтобы обшивка могла воспринимать технологические нагрузки при бетонировании верхней части перекрытия. Затем устанавливают верхнюю арматурную сетку и производят во вторую стадию бетонирование верхней части перекрытия, причем, для дополнительной фиксации вкладыша за счет веса бетонной смеси необходимо подавать бетонную смесь сначала на вкладыши, а затем в пространства между вкладышами (рис. 15, в-е).

Устройство железобетонного перекрытия облегченного типа таким способом позволяет осуществлять наименее материалоемкое (ввиду отсутствия фиксирующих приспособлений) крепление вкладышей за счет сил сцепления бетона нижней полки к поверхности вкладыша, а также за счет нагрузки вкладыша бетонной смесью, при бетонировании верхней части перекрытия.

Данная технология устройства облегченных железобетонных перекрытий запатентована в Украине [26, 27].

Приведем сравнение технико-экономических показателей различных технологий устройства облегченных перекрытий на примере конструктивной толщины 25 см (табл. 11).

Из табл. 11 видно, что приведенная толщина перекрытия с применением в качестве неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей пенополистирола значительно меньше, чем для остальных технологий, что в конечном итоге обуславливает минимизацию веса конструкций перекрытия.

Меньшее количество вкладышей на 1 м<sup>2</sup> перекрытия упрощает армирование и процесс бетонирования, одновременно предопределяя рационализацию сечений без привязки к типовой форме вкладышей из полимерных материалов.

Дальнейшим развитием технологии бетонирования облегченных железобетонных перекрытий является создание системы «Монофант» [23], в которой вкладыши используются для уменьшения веса не только железобетонных перекрытий, но и всех основных элементов каркасного здания (рис. 16-21).

Особенностью предложенной системы «Монофант» является применение произвольной (нерегулярной) сетки колонн, различных легких материалов для вкладышей (пенополистирол, минеральная вата), с целью значительного уменьшения собственного веса конструкции (фундаментов, колонн, элементов жесткости дисков перекрытий и покрытий), а также сложность конфигурации в плане и неодносвязность дисков перекрытия, возможность расположения диска перекрытия не в одной плоскости, наличие плоских полов и потолков, рациональная топология ребер внутри диска перекрытия, которая обеспечивает выравнивание усилий в плите перекрытия, создание сложной конфигурации пустотелых колонн.



Рис. 15. Устройство облегченного железобетонного перекрытия: а) бетонирование нижней обшивки перекрытия; б) установка вкладышей из пенополистирола; в) монтаж верхней арматурной сетки; г) вид перекрытия до начала второй стадии бетонирования; д) укладка бетонной смеси; е) уплотнение уложенной бетонной смеси

Таблица 11 – Техничко-економическіе показателі конструкцій облегченних перекрытій

Название технологии	Конструктивная толщина перекрытия, см	Объем вкладыша, см <sup>3</sup>	Шаг вкладышей, см	Количество вкладышей, шт/м <sup>2</sup>	Объем вкладышей, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	Приведенная толщина перекрытия, см
Airdeck	25	4100	30	11	0,045	20,4
BubbleDeck	25	3100	20	25	0,076	17,2
Cobiax	25	9100	35	8,2	0,075	17,5
U-Boot Beton	25	28000	64	2,44	0,068	18,2
Монофант	25	121500	100	1	0,1215	12,85

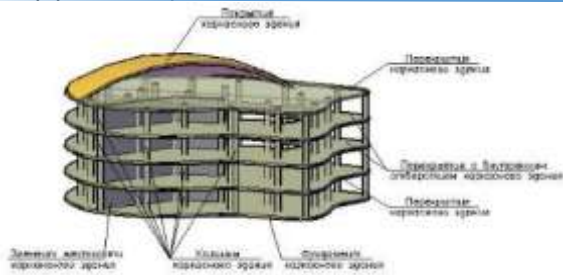


Рис. 16. Пример здания системы «Моно-фант»

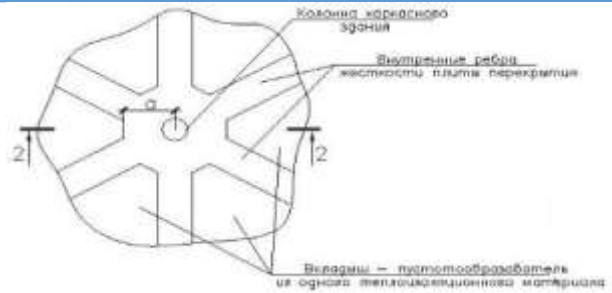


Рис. 20. Устройство капители каркасного здания (узел сопряжения)

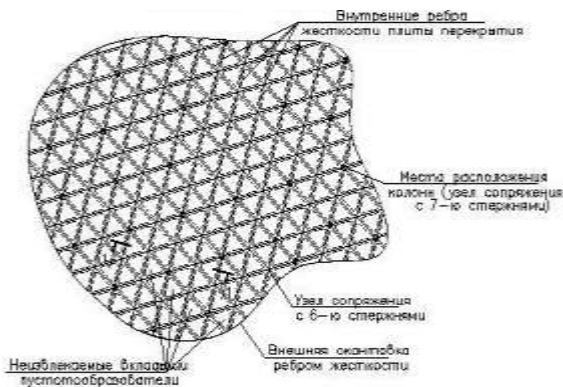


Рис. 17. Конструкция фундаментной плиты с колоннами первого этажа

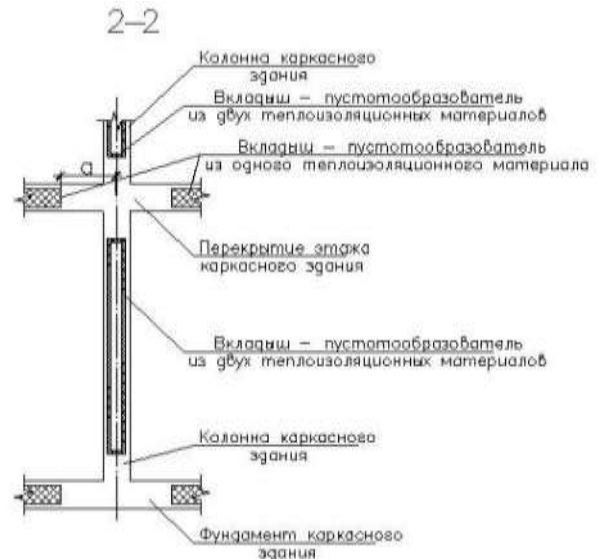


Рис. 21. Размещение вкладышей в элементах каркасного здания системы «Моно-фант»

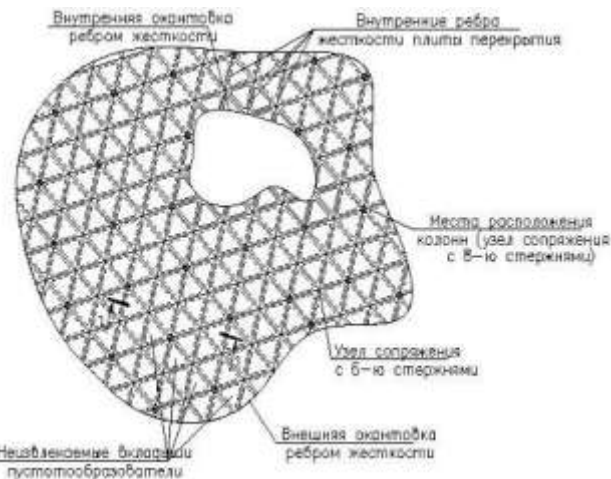


Рис. 18. Конструкция плиты перекрытия с колоннами и внутренним отверстием



Рис. 19. Разрез плиты перекрытия

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Albrecht C. Experimental and theoretical analyses of the load-bearing behaviour of slim biaxial hollow core slabs with flattened void formers // Proceedings of The 9th fib International PhD Symposium in Civil Engineering. Karlsruhe Institute of Technology (KIT), 22-25 July 2012, Karlsruhe, Germany / Edited by Harald S. Müller, Michael Haist, Fernando Acosta. – Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2012. – pp. 85-90.
2. Mota Mike. Voids Slabs. Then and now / Concrete international. – 2010. – Vol. 32, No. 10. – pp. 41-45.
3. AirDeck® System. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.airdeck.com/>.
4. BubbleDeck® System. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bubbledeck-uk.com/>.
5. Hai L.V., Hung V.D., Thi T.M., Nguyen-Thoi T., Phuoc N.T. The experimental analysis of BubbleDeck slab using modified elliptical balls / Hokkaido University. – pp. 1-



- 9 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eprints2008.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/54436/1/easec13-G-6-1.pdf>.
6. Технология Cobiax: экономично – экологично – быстро / Вестник Российского союза строителей. – 2013. – №2. – С. 20-21.
7. Cobiax Technologies AG [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cobiax.com/startseite>
8. Cobiax® System. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cobiax.cl>
9. DALIFORM group. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.daliform.com/prodotti/categorie.php>.
10. Geoplast® System. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geoplast.it>.
11. Beeplate® System. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.beeplate.com>.
12. Patent USA № 20130036693. Doughnut-shaped hollow core body, bidirectional hollow core slab using the same, and construction method thereof / Seung Chang Lee, Jeong Keun Oh, Chang Sik Choi, Hyun Ki Choi. – Опубликовано. 14.02.2013.
13. Joo-Hong Chung, Sung-Hoon Kang, Seung-Chang Lee, Chang-Sik Choi, Hyun-Ki Choi. An Experimental Study for Bond Characteristics of Deformed Bar Embedded in Donut Type Biaxial Hollow Slab / Journal of the Korea Concrete Institute/ – 2013. – Vol. 25 No. 2. – pp. 155-163.
14. Joo-Hong Chung, Sung-Hoon Kang, Seung-Chang Lee, Chang-Sik Choi, Hyun-Ki Choi. One-Way Shear Strength of Donut Type Biaxial Hollow Slab Considered Hollow Shapes and Materials / Journal of the Korea Concrete Institute / – 2012. – Vol. 24 No. 4. – pp. 391-398.
15. Sang-Su Ha, Jun-Seon Yoon, Kyoung-Hwan Yoo. Consideration of Field Application Possibility and Structural Capacity of Hollow Core Slab using GFRP Bars / Pacific Science Review / – 2013. – Vol. 15 No 1. – pp. 30-36.
16. Olexandr Meneiliuk, Kuz'ma Shavva, Valentina Taran. Erection of lightweight solid slabs at the construction site / Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2013, том 9, номер 4. – С. 221-229.
17. A. Churakov. Biaxial hollow slab with innovative types of voids / Строительство уникальных зданий и сооружений. – ISSN 2304-6295, №6 (21), 2014. – С. 70-88.
18. Monoblock. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.monoblock.co.za/>.
19. STYRO Ltd. (STYRO Insulation Material Industries LLC) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.styrouae.com/>.
20. Cordek Ltd [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cordek.com/>.
21. Luis M. Bozzo. The Santa Fe II Tower. A central core, tall, slender building in Mexico / Concrete international. – 2014. – Vol. 36 No. 19. – pp. 51-54.
22. Шмуклер В.С., Климов Ю.А., Буряк Н.П. Каркасные системы облегченного типа. – Харьков: Золотые страницы, 2008. – 336 с.
23. Пат. 89464 Україна, МПК E04B 1/18. Каркасна будівля «Монофант» / Шмуклер В.С., Бабаєв В.М., Бугаєвський С.О., Бережна К.В., Карякін І.А., Кондращенко В.І., Сеїрські І.М.; заявник і патентовласник Шмуклер В.С. - №u201311919; заявл. 10.10.2013 ; публ. 25.04.2014, Бюл. №8.
24. Помазан М. Д. Совершенствование технологии устройства облегченных железобетонных перекрытий.: дис. канд. техн. наук: 05.23.08 / Максим Дмитриевич Помазан. – Харьков, 2013.
25. Таран В.В. Определение затрат труда укладки призм пенополистирола в монолитное перекрытие // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури: Збірник наукових праць. – Макіївка, 2010. – Вип. 2010-3(83): Технологія, організація, механізація та геодезичне забезпечення будівництва. – С. 84-89.
26. Патент на корисну модель України № 69346, кл. E04C 2/00, E04B 5/00, E04G 21/00. Спосіб улаштування залізобетонного перекрыття полегшеного типу / Шмуклер В.С., Помазан М.Д. – Публ. 25.04.2012, Бюл. №8.
27. Патент на корисну модель України № 75556, кл. E04C 2/00, E04B 5/00, E04G 21/00. Спосіб улаштування полегшеного залізобетонного перекрыття / Шмуклер В.С., Помазан М.Д. – Публ. 10.12.2012, Бюл. №23.