

**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МОНОЛІТНИХ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЕРЕКРИТТІВ З ВСТАВКАМИ**

**TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF MONOLITHIC
REINFORCED CONCRETE SLABS WITH INSERTS**

**Мельник І.В. к.т.н., доц., Сорохтей В.М. с.н.с., Приставський Т.В. с.н.с.,
Партута В.П. студент (Національний університет «Львівська політехніка»,
м. Львів)**

**Melnyk I.V. PhD, associate professor, Sorokhtey V.M. senior researcher,
Prystavsky T.V. senior researcher, Partuta V.P. student (Lviv Polytechnic
National University, Lviv)**

**Наведено огляд техніко-економічних показників перекриттів з
ефективними вставками різних форм та з різних матеріалів і
відображено техніко-економічні показники з власного досвіду
проекування таких перекриттів.**

**In recent years there is an obvious tendency to build residential, civil and
other buildings with a monolithic reinforced concrete frame.**

**The most material cost element of these frames is monolithic reinforced
concrete floors, which account from 60 to 70% of the total volume of
reinforced concrete of the building. The slab thickness of such floor is 18 ... 20
cm, so the minimum weight of the floors is significant – 4-5 kN/m², which
exceeds approximately twice the running load on the floor.**

**The inserts are used at the floors placement in order to reduce their own
weight: plastic are used abroad, polystyrene ones are mainly used in Ukraine.**

**The overview of technical and economic indicators of slabs with effective
inserts of various forms and different materials is provided in the article,
technical and economic indicators from own experience of designing such
slabs is presented.**

**The economic efficiency of flat reinforced concrete slabs with polystyrene
inserts is achieved due to a significant reduction of concrete consumption -
from 25 to 47%. Reducing the own weight of the slabs gives accordingly the
economy of working armature -> 7 ... 12%.**

**Reducing the cost of concrete and armature completely compensates for the
additional costs of inserts and the cost of work on their arrangement.**

Ключові слова:

**Залізобетон, монолітні перекриття, ефективні вставки, економія бетону і арматури
Reinforced concrete, monolithic slabs, effective inserts, concrete and armature saving**

Вступ. В останні роки очевидною є тенденція до зведення будівель житлового, цивільного та іншого призначення з монолітним залізобетонним каркасом.

Найбільш матеріалозатратним елементом цих каркасів є монолітні залізобетонні перекриття, на які припадає від 60 до 70% від загального обсягу залізобетону будівлі. Такі перекриття можуть бути повністю плоскими безбалковими або з проміжними і/або контурними балками. Незалежно від цього товщину плити таких перекриттів приймають 18...20 см, відтак власна вага перекриттів є значною – 4-5 кН/м², що приблизно у два рази перевищує корисне навантаження на перекриття.

З метою зменшення власної ваги при улаштуванні перекриттів використовують вставки: за кордоном пластмасові, на Україні в основному призматичні пінополістирольні або круглі картонні [1-15].

При улаштуванні таких оптимізованих перекриттів важливим є їх техніко-економічні показники.

Аналіз останніх публікацій. В роботі [10] аналізувалися витрати бетону, арматури і трудозатрати при улаштуванні перекриттів з трубчастими овальними і круглими вставками, з кульоподібними вставками, а також кесонних і суцільних перекриттів. Найбільш економічно вигідними є кесонні перекриття (-49,4% порівняно з суцільними перекриттями), проте кесонна плита не має нижньої гладкої поверхні, що неприйнятно для житлових і офісних приміщень. Економія для перекриттів з овальними і круглими трубчастими вставками становить відповідно 34,5% і 22,2%, з кульовими вставками – 23,3%. В плиті перекриття з пінополістирольними вставками загальною товщиною 30÷40 см при прольотах до 9 м питома витрата сталі становить від 12-13 кг/м².

В статті Євстаф'єва В.І. [9] подано техніко-економічні показники улаштування 3-шарового монолітного перекриття, у якому використано пінополістирольні вставки товщиною 200 мм. При загальній товщині перекриття 300 мм і сітці колон від 7,35 м до 7,9 м загальна витрата арматури становила 14,82 кг/м², приведена товщина бетону і вставок відповідно 14,67 см і 15,33 см.

Загальна трудоемність улаштування перекриття (пов'язана з вставленням і демонтажем опалубки, заготовленням і виставленням арматурних виробів і вставок та бетонуванням) становила 1,87 люд.-год/м². Цей показник дещо перевищує нормовану трудоемність аналогічного безригельного безкапітельного перекриття, що пояснюється необхідністю двоциклічного бетонування і експериментальним характером будівництва.

Техніко-економічні показники (ТЕП) традиційних конструкцій залізобетонних перекриттів (загальна вага, витрата бетону і арматури, трудомісткість) в розрахунку на 1 м² перекриття подані в роботах [12, 7]. Крім цього, подані аналогічні ТЕП для перекриттів системи «РАМПА», «ИКАР».

Крім технологічних, окремі економічні аспекти ефективних перекриттів з вставками розглянуті в публікаціях [8, 11, 14, 15].

Техніко-економічні показники перекриттів з вставками з власного досвіду проектування

В табл. 1 відображено узагальнені фактичні показники витрати арматури на одиницю площі перекриття 3-х будівель - №2, №3, №4 комплексу по вул. Білогірській у м. Тернополі.

Очевидно, що за однакової товщини перекриття (20 см) із збільшенням прольоту кількість арматури зростає, проте при найбільшому прольоті 6,15 м вона не перевищувала 14,6 кгс/м².

Таблиця. 1.

Середня витрата арматури на 1м² перекриття будівель
по вул. Білогірській у м. Тернополі

Висота перекриття, мм	Проліт, м	Фактична витрата арматури, кг/м ²	Примітки
200	4,86	12,08	
200	5,82	12,7	
200	6,15	14,6	

За завданням замовника на одному з будинків житлового комплексу по вул. Білогірській у м. Тернополі було виконане техніко-економічне порівняння 2-х перекриттів: традиційного суцільного і з пінополістирольними вставками. За основним показником витрати матеріалів більш вигідним є перекриття з вставками. Окрім очевидної економії бетону, важливим чинником є суттєве зменшення витрати арматури за рахунок зменшення власної ваги перекриття (табл. 2).

Таблиця 2.

Порівняння варіантів улаштування перекриттів багатоквартирного житлового будинку №5 по вул. Білогірській у м. Тернополі

	Найменування показників	Суцільна плита	Плита з вставками	Різниця %
1	2	3	4	5
1	Загальна площа перекриття, м ²	700	700	-
2	Загальний об'єм перекриття, м ³	138,3	138,3	-
3	Загальна витрата бетону (C20/25), м ³	138,3	93,3	32
4	Витрата пінополістиролу (вставка), м ³ (ПСБ-С-25)	-	45	-
5	Зменшення власної ваги перекриття, кг/м ²	-	200	
6	Загальна витрата арматури, кг	14750	10200	30,8
7	Витрата арматури на 1м ³ бетону, кг/м ³	106,7	73,7	30,8
8	Витрата арматури на 1 м ² перекриття, кг/м ²	21,3	14,6	31,4
9	Загальна економія арматури на одне перекриття, кг	-	4550	-

Додаткові фінансові затрати, пов'язані із збільшенням трудомісткості робіт, визначав сам замовник. Вони є значно меншими порівняно з економією бетону і арматури, тому для будівництва був прийнятий варіант з ефективними вставками.

Аналогічне порівняння, за завданням представника замовника, було виконане для перекриттів будівлі по вул. Угорській у м. Львові. Порівнювалися показники суцільного перекриття, проект якого надав замовник, і перекриття з вставками, конструкцію якого було розроблено в ГНДЛ-112 НУ «Львівська політехніка». За прольотів 5,7 м витрата арматури в перекриттях з вставками є на 39% меншою, ніж в суцільному перекритті, економія бетону – 30,3% (табл. 3).

Таблиця 3.

Порівняння варіантів улаштування перекриттів багатоквартирного житлового будинку по вул. Угорській у м. Львові

Найменування показників	Проект (суцільн е)	Пропозиція (з вставками)	Різниця , %
2	3	4	5
Загальна площа перекриття, м ²	594	594	-
Загальний об'єм перекриття, м ³	118,9	118,9	-
Загальна витрата бетону (C20/25), м ³	118,9	82,9	30,3
Витрата пінополістиролу (вставка), м ³ (ПСБ-C25)	-	36	-
Загальна витрата арматури, кг	13650	8323	39,0
Витрата арматури на 1м ³ бетону, кг/м ³	114,8	70	39,0
Витрата арматури на 1 м ² перекриття, кг/м ²	23	14	39,0
Зменшення власної ваги перекриття, кг/м ²	-	200	-
Загальна економія арматури на одне перекриття, кг	-	5325	-

В табл. 4 приведені показники витрати бетону на 5-х монолітних ділянках південно-східної частини стадіону «Арена-Львів».

Таблиця 4.

Витрати бетону монолітних ділянок перекриття південно-східної частини стадіону «Арена-Львів»

Номер ділянки	МД-1	МД-2	МД-3	МД-4	МД-5
Об'єм перекриття	20,46 м ³	26,51м ³	97,2 м ³	26,55 м ³	20,39м ³
Об'єм бетону	4,76 м ³	5,5 м ³	28,05м ³	5,36 м ³	4,65 м ³
Об'єм вставок	15,7 м ³	21,01м ³	69,15м ³	21,19 м ³	15,74м ³
Економія бетону	23,3 %	20,75%	28,77%	20,19%	22,81%

За рахунок великої різниці об'ємної ваги бетону і пінополістиролу використання вставок суттєво відобразилось на зменшенні власної ваги монолітних ділянок перекриття (рис. 1).

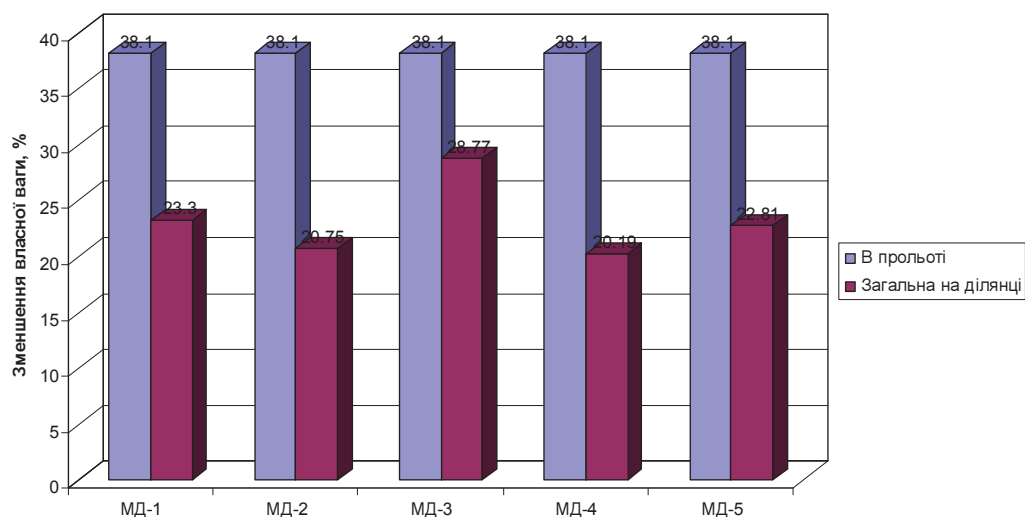


Рис. 1. Загальні показники зменшення власної ваги монолітних ділянок перекриття південно-східної частини стадіону

Аналогічні результати отримані для перекриття південно-західної частини стадіону, яка мала три монолітні ділянки. Загальна економія бетону і відповідно зменшення власної ваги для окремих монолітних ділянок становить від 20,5% до 28,9% (табл. 5).

У середній частині перерізу перекриттів об'єм вставок і відповідно об'єм зекономленого бетону становить 38,1% (рис. 2).

Таблиця 5.

Витрати бетону монолітних ділянок перекриття південно-західної частини стадіону

Номер ділянки	МД-1	МД-2	МД-3
Об'єм перекриття	30,1 м ³	13,5 м ³	52,2 м ³
Об'єм бетону	22,92 м ³	10,6 м ³	41,5 м ³
Об'єм вставок	7,18 м ³	2,9 м ³	10,7 м ³
Економія бетону	28,9 %	21,6 %	20,5 %

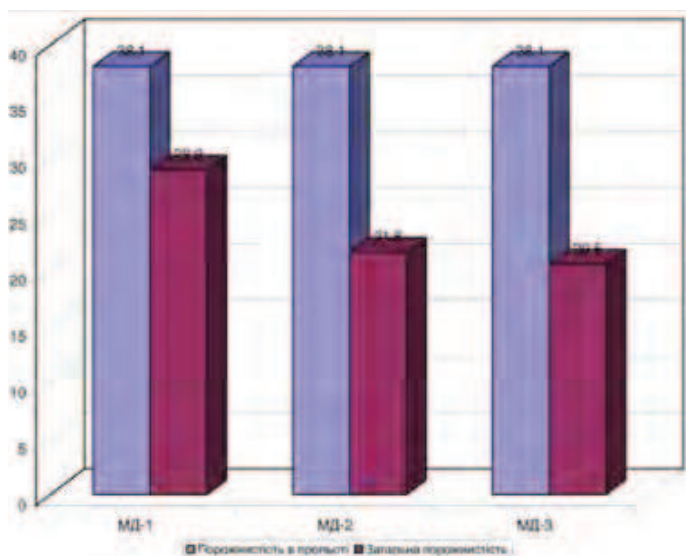


Рис. 2. Загальні показники зменшення власної ваги монолітних ділянок перекриття південно-західної частини стадіону

Повний перелік об'єктів, для яких були запроектовані монолітні залізобетонні плоскі перекриття з ефективними вставками, поданий в табл. 6 із значеннями порожнистості і відповідно економії бетону, заокругленими до цілого відсотка. На більшості об'єктів вони вже реалізовані.

Таблиця 6.

Порожнистість перекриттів з ефективними вставками

№ з/п	Назва і місце знаходження об'єкта	Порожнистість	
		у середній частині	загальна
1	2	3	4
1.	Торгово-готельний комплекс по вул. Львівській у с.м.т. В. Любінь	45%	32%
2.	Ресторан «Супутник» по вул. Семчука, 8 у м. Львові	50%	47%
3.	Оздоровчий комплекс санаторію «Кришталеве джерело» у Свалявському р-ні Закарпатської обл.	51%	39%
4.	Житловий будинок по вул. Замарстинівській, 47 у м. Львові	37%	29%
5.	Житловий будинок у с. Конопниця Львівської обл.	33%	28%
6.	Торгово-готельний комплекс в ур. Неліпино 6 км у Свалявському р-ні Закарпатської обл.	38%	32%
7.	Стадіон «Арена-Львів»	33-38%	20-29%
8.	Однородинний будинок в с.м.т. Брюховичі Львівської обл.	37%	25%
9.	Міні-готель по вул. Героїв УПА в с.м.т. Моршин Львівської обл.	38%	29%
10.	120-квартирний житловий будинок по вул. Білогірській в м. Тернополі	47%	32%
11.	Молодіжний житловий комплекс по вул. Роксоляни у м. Львові (2-га черга)	45%	31%
12.	Промислова будівля (склад) по вул. Хімічній у м. Львові	27%	18%
13.	Будівля по вул. Лемківській, 15 у м. Львові	38%	28%
14.	Адміністративний будинок по вул. Театральній у м. Львові (перекриття 2-го пов.)	35%	26%
15.	Двопід'їзний 10-поверховий каркасний житловий будинок по вул. Білогірській у м. Тернополі	45%	32%

1	2	3	4
16.	5-поверховий житловий будинок №1 третьої черги житлово-молодіжного комплексу по вул. Роксоляни у м. Львові	43%	31%
17.	Монолітний залізобетонний каркас підземної автостоянки молодіжного житлового комплексу по вул. Роксоляни у м. Львові	38%	24%
18.	Багатоквартирний житловий будинок №4 по вул. Білогірській у м. Тернополі	45%	30%
19.	Готельно-ресторанний комплекс на території бази відпочинку по вул. Зеленій 34, м. Новояворівськ, Львівської обл.	42%	29%
20.	Розширення танцювальної зали кафе-бару «Дім» у с.м.т. Розділ Львівської обл.	32%	25%
21.	Багатоквартирний житловий будинок №5 по вул. Білогірській у м. Тернополі	45%	30%
22.	Багатоквартирний житловий будинок №6 по вул. Білогірській у м. Тернополі	45%	30%
23.	Добудова до двопід'їзного 10-поверхового каркасного житловий будинок по вул. Білогірській у м. Тернополі	43%	29%
24.	Незавершене будівництво фізкультурно-оздоровчого комплексу Львівського училища фізкультури.	38%	27%
25.	Багатоквартирний житловий будинок №7 по вул. Білогірській у м. Тернополі	45%	30%
26.	Багатоквартирний житловий будинок №8 по вул. Білогірській у м. Тернополі	44%	28%
27.	Прибудова до житлового будинку №7 по вул. Білогірській у м. Тернополі	44%	29%

Висновки Економічна ефективність плитних залізобетонних конструкцій з пінополістирольними та іншими вставками досягається за рахунок суттєвого зменшення витрати бетону – від 25 до 47%. Зменшення власної ваги в перекриттях дає відповідно економію робочої арматури – >7...12%.

Зменшення витрат бетону і арматури сповна компенсує додаткові затрати, пов'язанні з вартістю вставок та вартістю робіт з їх улаштування.

1. Мельник І.В. Конструктивно-технологічні особливості бетонних і залізобетонних конструкцій з ефективними вставками. Міжвідомчий наук.-техн. зб. Київ, 1999. Вип. 50. с. 164-171.

2. Мельник І.В. Спосіб виготовлення пустотілих бетонних і залізобетонних виробів. Деклараційний патент на винахід. - Державний департамент інтелектуальної власності. Бюл. №7-II від 15.12.2000р.

3. Мельник І.В. Оптимізація залізобетонних конструкцій з допомогою ефективних вставок. Збірник наукових статей: Проблеми теорії і практики будівництва, том IV. – Львів: 1997- с.89-90.

4. Мельник І.В., Сорохтей В.М. Конструктивні рішення плоских монолітних залізобетонних перекриттів з ефективними вставками і експериментальне дослідження їх фрагментів. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць, вип. 14 – Рівне: 2006 р., с. 253-260.

5. Мельник І.В., Царинник О.Ю., Сорохтей В.М. Конструювання і дослідження плоских монолітних перекриттів з ефективними вставками. Будівельні конструкції: Міжвідомчий наук.-техн. зб., вип. 67 - Київ, НДІБК: 2007 с. 794...801.

6. Мельник І.В., Сорохтей В.М., Яремко Б.В. Монолітні залізобетонні перекриття складної конфігурації в плані. Проблеми теорії і практики будівництва. Вісник НУ "Львівська політехніка" 2007р. №600- с.230-235.

7. Шмуклер В.С., Климов Ю.А., Бурак Н.П. Каркасные системы облегченного типа. Харьков: Золотые страницы, 2008. 336 с.

8. Бережная Е.В., Стебловский И.А. Серия натурных испытаний эффективного железобетонного перекрытия. Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства: материалы III Международной научно-технической интернет-конференции. 2012. С. 237-240.

9. Естафьев В. И. Опыт внедрения большепролетных трехслойных монолитных перекрытий. Будівельні конструкції: 2003. Вип. 59. С. 241-247.

10. Кудрявцев А.В. Устройства монолитных перекрытий с неизвлекаемыми пустотообразователями для уменьшения материалоемкости конструкции. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C19/V1/043.pdf>.

11. Лоскутов И.С., Глотов Д.А. Железобетонные плоские пустотные плиты перекрытия. URL: <http://katriel.ru>

12. Лугченко О.І. Рациональні порожнисті бетонні та залізобетонні конструкції: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. технічних наук: спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди». Харків, 2009. 22 с.

13. Тонкачев Г.Н., Таран В.В. Технологичность конструкций монолитных плит перекрытий гражданских зданий. Містобудування та територіальне планування. 2008. Вип. 29. С.381-394.

14. Югов А.М., Таран В.В. Эффективность застосування полегшених монолітних плит перекриттів при реконструкції будівель. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. 2009. Вип. 18. С. 540-548.

15. Яловенко В.И., Санников И. В. Цилиндрические пустообразователи для применения в монолитных железобетонных плитах перекрытий. Будівельні конструкції. 2005.

1. Melnyk I.V. Konstruktyvno-tekhnolohichni osoblyvosti betonnykh i zalizobetonnykh konstruktsii z efektyvnymy vstavkamy. Mizhvidomchyi nauk.-tekhn. zb. Kyiv, 1999. Vyp. 50. s. 164-171.

2. Melnyk I.V. Sposib vyhotovlennia pustotilykh betonnykh i zalizobetonnykh vyrobiv. Deklaratsiinyi patent na vynakhid. - Derzhavnyi departament intelektualnoi vlasnosti. Biul. №7-II vid 15.12.2000r.
3. Melnyk I.V. Optyimizatsiia zalizobetonnykh konstrukttsii z dopomohoiu efektyvnykh vstavok. Zbirnyk naukovykh statei: Problemy teorii i praktyky budivnytstv., tom IV. – Lviv: 1997- s.89-90.
4. Melnyk I.V., Sorokhtei V.M. Konstruktyvni rishennia ploskykh monolitnykh zalizobetonnykh perekryttiv z efektyvnymy vstavkamy i eksperymentalne doslidzhennia yikh frahmentiv. Resursoekonomni materialy, konstrukttsii, budivli ta sporudy: Zbirnyk naukovykh prats, vyp. 14 – Rivne: 2006 r., s. 253-260.
5. Melnyk I.V., Tsarynnyk O.Iu., Sorokhtei V.M. Konstruiuvannia i doslidzhennia ploskykh monolitnykh perekrytiv z efektyvnymy vstavkamy. Budivelni konstrukttsii: Mizhvidomchyi nauk.-tekh. zb., vyp. 67 - Kyiv, NDIBK: 2007 s. 794...801.
6. Melnyk I.V., Sorokhtei V.M., Yaremko B.V. Monolitni zalizobetonni perekryttia skladnoi konfihuratsii v plani. Problemy teorii i praktyky budivnytstva. Visnyk NU "Lvivska politehnika" 2007r. №600- s.230-235.
7. Shmukler V.S., Klymov Yu.A., Burak N.P. Karkasnye systemy oblehchennoho typu. Kharkov: Zolotyie stranyty, 2008. 336 s.
8. Berezhnaia E.V., Steblovskyi Y.A. Seryia naturnykh uspytanyi efektyvnoho zhelezobetonnoho perekrytyia. Stroytelstvo, rekonstruktsiya y vosstanovlenye zdanyi horodskoho khoziaistva: materyaly III Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnycheskoi ynternet-konferentsyy. 2012. S. 237-240.
9. Estafey V. Y. Opyt vnedreniya bolsheproletnykh trekhslonnykh monolytnykh perekrytyi. Budivelni konstrukttsii: 2003. Vyp. 59. S. 241-247.
10. Kudriavtsev A.V. Ustroistva monolytnykh perekrytyi s neyzvlekaemyu pustotoobrazovateliamy dlia umensheniya materyaloemkosti konstruktssy. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C19/V1/043.pdf>.
11. Loskutov Y.S., Hlotov D.A. Zhelezobetonnye ploskye pustotnye plyty perekrytyia. URL: <http://katriel.ru>
12. Luhchenko O.I. Ratsionalni porozhnysti betonni ta zalizobetonni konstrukttsii: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. tekhnichnykh nauk: spets. 05.23.01 «Budivelni konstrukttsii, budivli ta sporudy». Kharkiv, 2009. 22 s.
13. Tonkacheev H.N., Taran V.V. Tekhnolohychnost konstruktssyi monolytnykh plyt perekrytyi hrazhdanskykh zdanyi. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. 2008. Vyp. 29. S.381-394.
14. Yuhov A.M., Taran V.V. Efektyvnist zastosuvannia polehshenykh monolitnykh plyt perekryttiv pry rekonstruktsii budivel. Resursoekonomni materialy, konstrukttsii, budivli ta sporudy. 2009. Vyp. 18. S. 540-548.
15. Yalovenko V.Y., Sannykov Y. V. Tsylyndrycheskye pustooobrazovatyly dlia pryimeneniy v monolytnykh zhelezobetonnykh plytakh perekrytyi. Budivelni konstrukttsii. 2005.