

Л. І. Вознюк*, Б. Г. Демчина**, М. І. Сурмай**, В. В. Артеменко***

Національний університет "Львівська політехніка",

*кафедра архітектурного проектування та інженерії,

**кафедра будівельних конструкцій та мостів

Львівський національний аграрний університет,

*** кафедра технології та організації будівництва

ВИГОТОВЛЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ЗБІРНИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ В ЗАВОДСЬКИХ УМОВАХ

© Вознюк Л.І., Демчина Б. Г., Сурмай М. І., Артеменко В. В., 2019

Проаналізовано ефективність шести типів плит перекриття, які відрізнялися за матеріалом, внутрішньою формою та вагою. Розглянуто та порівняно однакові за розмірами, але різні за конструктивними характеристиками і матеріалами плити перекриття, а саме: I – суцільна залізобетонна; II – багатошарова залізобетонна із середнім шаром з керамзитобетону; III – багатошарова залізобетонна із середнім шаром з газобетону; IV – монококова залізобетонна із пустототвірними вставками із ППС; V – суцільна керамзитобетонна; VI – монококова керамзитобетонна із пустототвірними вставками із ППС. Встановлено, що монококова плита із керамзитобетону була найлегшою із усіх типів плит, зокрема від суцільної залізобетонної у 2,4 разу, а від суцільної керамзитобетонної – у 1,4 разу.

Розроблено та реалізовано технологію виготовлення ефективних монококових полегшених плит перекриття із урахування особливостей існуючих технологічних ліній діючого заводу залізобетонних конструкцій ЗБВ №2 у м. Львові. Сформовано блок-схему виробничого процесу. У результаті отримано конструкції монококових плит з однаковими, порівняно із суцільними монолітними, зовнішніми розмірами, але які за своїми характеристиками значно ефективніші за класичні.

Випробування плит підтвердило правильність технології їх виготовлення, пов'язану з перервою у 30 хв між вкладанням ефективного середнього шару і заливкою бетону ребер та верхньої полиці. Така технологія забезпечила сумісну роботу усіх шарів під час випробування.

Ключові слова: ефективність, технологія виготовлення перекриття, збірне перекриття, виробнича лінія, монококове перекриття, легкі бетони, керамзитобетон, багатошарові перекриття, теплопровідність, власна вага.

L. I. Vozniuk*, B. H. Demchyna**, M. I. Surmai**, V. V. Artemenko***

Lviv Polytechnic National University

*Department of architectural design and engineering

**Department of building construction and bridges

Lviv National Agrarian University

*** Department of Technology and Construction Organization

USING IMPROVED DESIGN METHOD OF SHEER STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE BEAMS

© Vozniuk L. I., Demchyna B. H., Surmai M. I., Artemenko V. V., 2019

The analysis of the efficiency of six types of slabs has been carried out, which differed in material, internal form and weight. The comparison and the comparison of the same in size, but different in constructive characteristics and materials of floor slabs are considered and

performed. namely: I – solid reinforced concrete; II – multilayer reinforced concrete with a middle layer of expanded clay concrete; III – multilayer reinforced concrete with a middle layer of aerated concrete; IV – monocoque reinforced concrete with void forming inserts from PPS; V – solid claydite; VI – monocoam keramsite concrete with void-forming inserts from PPS.

It was established that the monocoque slab made of expanded clay was the lightest of all types of slabs, in particular, from solid reinforced concrete in 2.4 times, and from solid claydite concrete in 1.4 times. Compared to the classic solid reinforced concrete floor, concrete savings of 40 % have been achieved. According to the thermal characteristics, monolayer expanded concrete slab was best shown, because its heat transfer resistance is 4.3 times higher than the classical concrete slabs and 2.8 times for solid concrete clay.

The main material of the monocoam floor slab was claydite with the following physical and mechanical characteristics: compressive strength not less than 21 MPa, volumetric mass 1800 kg / m³. The upper and lower shelves of the plates were joined together by the transverse ribs, which were reinforced with welded reinforcing frameworks. The upper and lower shelves were reinforced with welded nets.

The technology of manufacturing of effective monocoque lightweight floor slabs has been developed and implemented taking into account the features of the existing technological lines of the existing factory of reinforced concrete structures ZBV №2 in the city of Lviv. The block diagram of the production process is formed. The sequence of concreting and reinforcement of structures taking into account all the structural features of the slabs is gradually described. Concreting was carried out in two stages. At the first stage, after the fitting of the fittings, the concrete of the lower shelf was inserted, and on the second, after 30 minutes, after the installation of foamed polystyrene inserts and upper fittings, concrete work ribs and upper shelf.

As a result, the construction of monocoque slabs with the same, in comparison with solid monolithic, external dimensions, but which by their characteristics are much more effective than the classic.

The test of the plates confirmed the correctness of their manufacturing techniques associated with a 30-minute break in the mix by inserting an effective middle layer and pouring concrete ribs and upper shelf. This technology has ensured the co-operation of all layers during the test.

Key words: efficiency, technology of manufacturing of overlappings, assembly overlappings, production line, monocoque overlappings, light concrete, claydite, multilayer ceilings, thermal conductivity, own weight.

Вступ. Сьогодні важливим завданням інженерів та науковців у будівельній галузі є отримання якісно нових рішень та створення ефективних конструкцій перекриття із покращеними характеристиками.

Ще з початку двадцятого століття, із розвитком науково-технічного прогресу, у будівельній галузі активно почали використовувати збірні залізобетонні конструкції. З того часу технологія виготовлення постійно змінювалася й удосконалювалася.

Одними з основних факторів, які впливали на методика виготовлення, були тип, конструкція та матеріали, застосовувані у виробі. Зокрема залізобетонні плити могли бути класичними суцільними, порожнистими, ребристими або багат шаровими.

У конструкціях збірних плит перекриття могли застосовувати різні будівельні матеріали, які мали різні фізико-механічні характеристики, а саме важкий бетон, легкий бетон, пористий бетон, пінополістирол (ППС), пластикові пустототворювачі та ін.

Також важливою перевагою збірних залізобетонних конструкцій порівняно з монолітними є їх швидкий монтаж на будівельному майданчику, що призводить до зменшення термінів будівництва, економії ресурсів, енергії та матеріалів.

Враховуючи те, що власна вага перекриття є великою складовою у загальному навантаженні, важливо у залізобетонних конструкціях міжповерхового перекриття застосовувати такі матеріали та

відповідні інженерні рішення, які б зменшили їх власну вагу, а також підвищили теплоізоляційні та звукоізоляційні характеристики.

Аналіз останніх досліджень. Розробленням технологій виготовлення полегшених конструкцій перекриття займалося багато науковців. Зокрема відомі розробки харківської школи будівельних конструкцій під керівництвом професора В. С. Шмуклера, де запропоновано оригінальні технології виготовлення полегшених плит перекриття системи “Монофант” [1, 2]. Відомі розробки полегшених перекриттів у Массачусетському технологічному університеті [3]. У Національному університеті “Львівська політехніка” під керівництвом професора Б. Г. Демчини розроблено технології виготовлення багат шарових плит із безавтоклавного пінобетону [4]. За кордоном великої популярності набуло застосування пластикових пустотоутворювачів типу бельгійського Airdeck System, великобританського BubbleDeck System, швейцарського COBIAX System, італійського DALIFORM та ін.

Постановка мети та задач досліджень. Враховуючи велику ефективність багат шарових перекриттів та результати аналізу проблематики було поставлене завдання сконструювати ефективне збірне перекриття і розробити методику технологічного процесу із подальшим виготовленням такого перекриття у реальних умовах діючого підприємства, використовуючи існуючі опалубкові форми.

На основі теоретичного порівняння різних типів плит перекриття було заплановано виготовити ефективне перекриття із керамзитобетону, яке містило б пустототвірні із пінополістиролу, а верхня та нижня полиці плити з’єднувалися між собою вертикальними взаємно перпендикулярними ребрами (монококове перекриття).

Теоретичні дослідження. У створенні раціональної будівельної конструкції одним з основних факторів є вибір матеріалів, які безпосередньо впливають на власну вагу, несучу здатність, енергоефективність тощо. Також важливо розробити ефективну технологію виготовлення, враховуючи можливості лінії сучасних підприємств будівельної індустрії.

Перед розробленням технології виготовлення виконано конструювання та розрахунки монококової плити [6]. Для оцінювання та вибору найефективнішого перекриття порівняно шість типів плит однакового розміру, але різних конструктивних особливостей та матеріалів, а саме: I – суцільна залізобетонна [6]; II – багат шарова із середнім шаром з керамзитобетону [6]; III – багат шарова із середнім шаром з газобетону [6]; IV – монококова залізобетонна із пустототвірними вставками із ППС [2]; V – суцільна керамзитобетонна; VI – монококова керамзитобетонна із пустототвірними вставками із ППС [5]. Було порівняно постійну складову навантаження від власної ваги для перелічених типів плит перекриття (рис. 1).

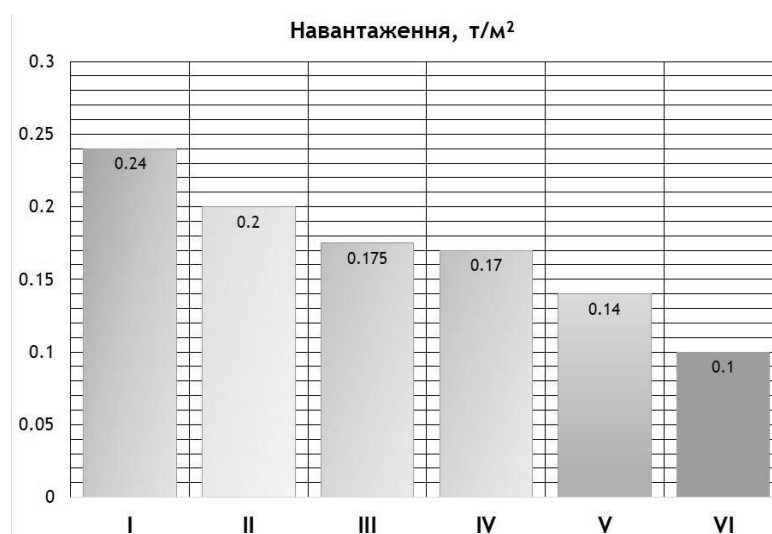


Рис. 1. Навантаження від власної ваги перекриття залежно від типів плит

Як видно із рис. 1, монококова керамзитобетонна плита є найлегшою із усіх розглянутих варіантів, зокрема від суцільної залізобетонної у 2,4 разу, а від суцільної керамзитобетонної – у 1,4 разу. Економія бетону порожнистої плити – 40 % порівняно із суцільною плитою.

Важливою характеристикою перекриття є величина опору теплопередачі, на який безпосередньо впливають матеріали конструкції. На рис. 2 порівняно теплотехнічні властивості таких типів плит перекриття. Найефективнішою за цим показником була конструкція монококової керамзитобетонної плити, зокрема, опір теплопередачі плити типу VI у 4,3 разу кращий за тип плити I і у 2,8 разу – за тип плити V. На основі цих порівнянь для подальших досліджень обрано керамзитобетонну плиту із пінополістирольними вставками типу VI (монококова плита).

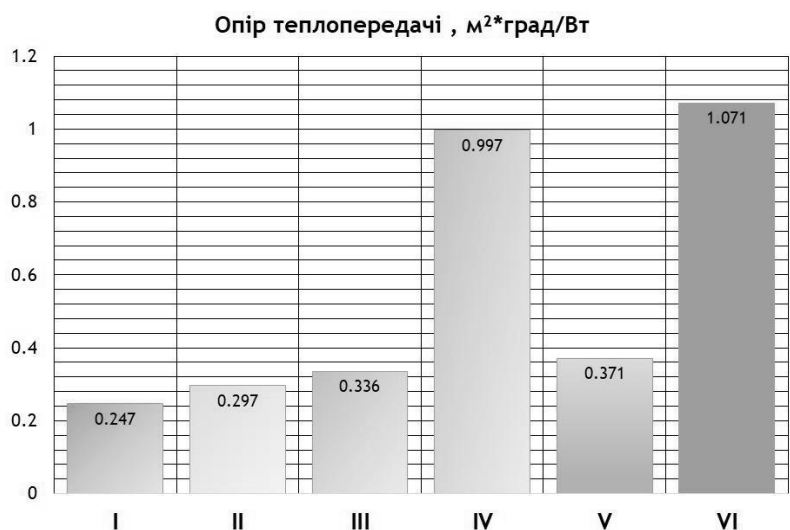


Рис. 2. Опір теплопередачі перекриття залежно від типів плит

Головним матеріалом типу VI був керамзитобетон класу LC20/22. Зменшували власну вагу плити вкладанням вкладишів із пінополістиролу марки ПСБ-С-35 завтовшки 4 см, розміром у плані 85x85 см. Верхня та нижня полиці мали товщину 3 см. Детально конструкцію плити описано у [7]. Верхню та нижню полиці полегшеної плити з'єднано за допомогою взаємно перпендикулярних керамзитобетонних ребер завширшки 10 см, які армовано зварними арматурними каркасами із нижньою арматурою Ø 8 A500С, верхньою Ø 4 Вр-1 та поперечною Ø 3 Вр-1 із кроком 20 см. Верхня та нижня полиці армовано зварними сітками. Верхня Ø 3 Вр-1 із вічком 20x20 см, а нижня Ø 3 Вр-1 – з вічком 10x10 см. Конструкцію плити зображено на рис. 3.

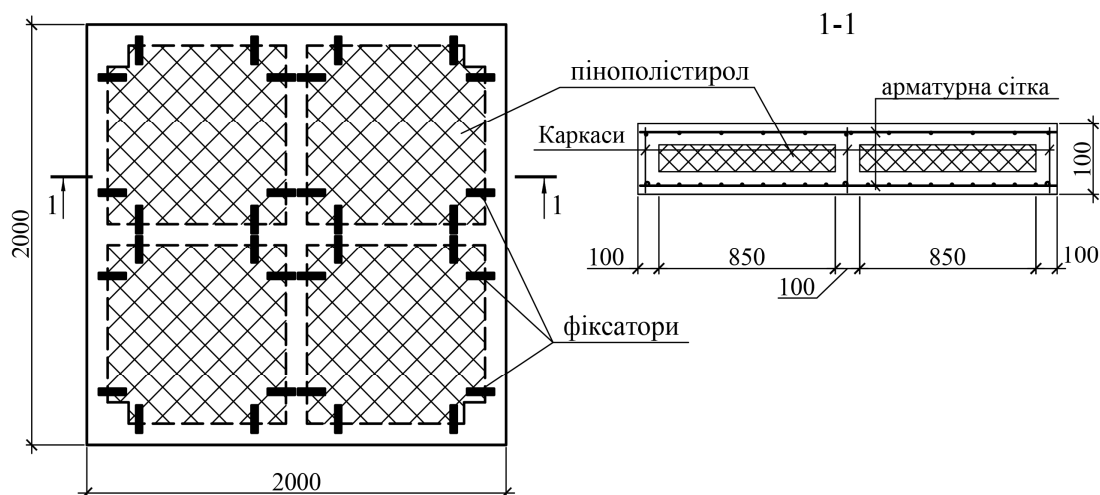


Рис. 3. Конструкція монококової керамзитобетонної плити перекриття

Розраховували конструкцію плити перекриття за методикою прямого проектування із використанням сучасних розрахунково-графічних комплексів. На основі цього і було сформовано вимоги до фізико-механічних характеристик матеріалів конструкції. Основний матеріал ефективної плити перекриття – керамзитобетон – має задовольняти такі фізико-механічні характеристики: міцність на стиск не менша за 20 МПа, об’ємна маса – до 1800 кг/м³, марка водостійкості – W4, морозостійкість 50–70 циклів.

Власні експериментальні дослідження. Дослідні ефективні збірні керамзитобетонні плити перекриття виготовляли у м. Львові на заводі залізобетонних виробів ЗБВ№2 із використанням існуючої виробничої лінії за наперед розробленою технологією (рис. 5).

Для бетонування використовували цемент марки М500 Миколаївського цементного заводу, пісок кварцовий Славутського кар’єру Хмельницької області з модулем крупності $M_c=2,04$, керамзит М-600 Хмельницького заводу керамзитового гравію. У табл. 1 подано характеристики матеріалів керамзитобетонної монококової плити, отримані на основі випробувань матеріалів дослідної плити.

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики матеріалів плити

Керамзитобетон			Арматура								
			A500C (Ø8)			Bp-1 (Ø3)			Bp-1 (Ø4)		
$f_{c, prism}$, МПа	$f_{ct, prism}$, МПа	$E_c \times 10^{-4}$, ГПа	f_y , МПа	σ_{ly} , МПа	$E_s \times 10^{-5}$, МПа	f_y , МПа	σ_{ly} , МПа	$E_s \times 10^{-5}$, МПа	f_y , МПа	σ_{ly} , МПа	$E_s \times 10^{-5}$, МПа
21,01	0,95	18,5	628	733	2,0	390	472	1,7	384	462	1,7

Послідовність технологічного процесу заводського виготовлення збірних ефективних монококових керамзитобетонних плит перекриття поетапно показано на рис. 4.

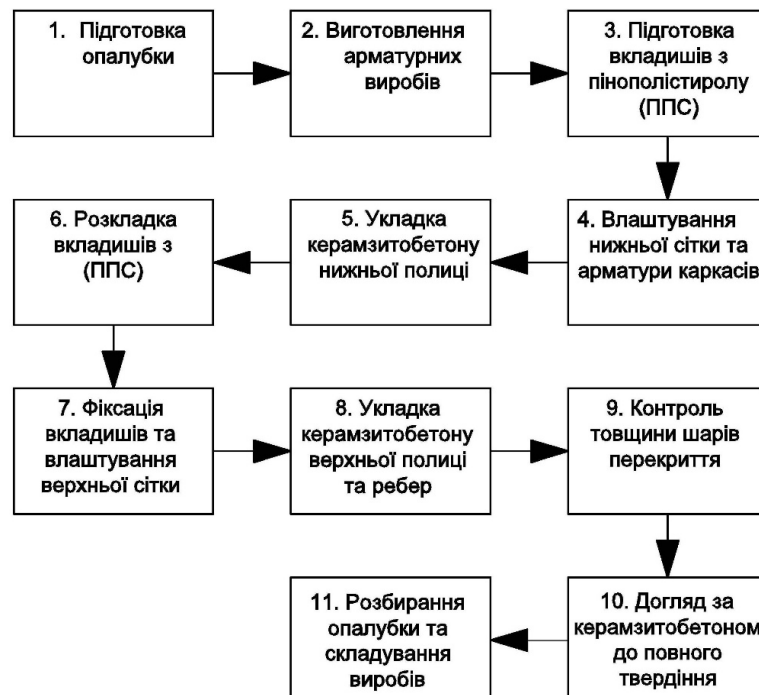


Рис.4. Блок-схема технологічного процесу виготовлення монококових плит перекриття

Бетонування монококових керамзитобетонних плит проводили у дві стадії. Перед початком першої стадії бетонування проводили підготовку та змащування опалубочної форми із розміткою висоти нижньої та верхньої полиць, вкладали арматурну сітку нижньої полки та каркаси поперечних ребер, забезпечували проектну товщину захисних шарів (рис. 5, а). Для ущільнення керамзитобетону та фіксації товщини нижньої полиці використовували вібростіл (рис. 5, б). На наступному етапі роботи вкладали вставки з ППС (рис. 5, в). Кріплення вставок з ППС від спливання виконували за допомогою спеціально розроблених П-подібних фіксаторів із арматури Ø 3 A240С (рис. 5, в), одна половина яких проколювала вставку з ППС, а інша приварювалася до поперечної арматури каркаса ребер плити. Арматурні роботи завершували влаштуванням горизонтальної сітки верхньої полиці, контролем захисних шарів та влаштуванням підйомних петель. На другій стадії бетонування, через 30 хв після подачі бетону на першій стадії, за допомогою бетонного роздавача подавався об'єм керамзитобетону, необхідний для бетонування ребер та верхньої полиці плити (рис. 5, д). На другій стадії бетон ущільнювався із використанням ручного вібратора. Роботи завершували заглажуванням поверхонь ручним способом, а сам виріб переносили у складське приміщення для твердіння у нормальних температурно-вологих умовах. Після набору нормативної міцності бетону розбирали опалубку та складали готові вироби.



Рис. 5. Етапи виготовлення ефективних плит у заводських умовах

За результатами проведених досліджень монококових керамзитобетонних плит типу VI було зафіксовано сумісну роботу верхньої і нижньої полиць через поперечні ребра, що засвідчило їх цілісність як єдиної конструкції (рис. 5, е). Тому технологічну перерву в 30 хв між першою та другою стадіями бетонування можна рекомендувати як таку, що забезпечує цілісність керамзитобетонної монококової конструкції перекриття.

Висновки

1. За методами проектування порівняно шість типів однакових за розміром, але різних за конструктивним рішенням та матеріалами плит перекриття і визначено, що найефективнішою щодо навантаження від власної ваги, витрати бетону і теплотехнічних характеристик є монококова керамзитобетонна плита перекриття із пустототвірними вставками.

2. Розроблено технологію виготовлення ефективних збірних монококових керамзитобетонних плит перекриття, яку реалізовано у виробничих умовах сучасного підприємства. Отримані монококові керамзитобетонні плити за розмірами не відрізнялися від традиційних монолітних залізобетонних плит, маючи при цьому значно меншу вагу. Економія бетону становила 40 %, вони були найлегші із усіх шести розглянутих типів плит, зокрема від суцільної залізобетонної – у 2,4 разу, від суцільної керамзитобетонної – у 1,4 разу, а опір теплопередачі у 4,3 разу був вищий за класичні залізобетонні та у 2,8 разу вищий за суцільні керамзитобетонні перекриття.

1. Shmukler, V. S. *Evolutionist approach in rationalization of building structures* / V. S. Shmukler // *Third International Structural Engineering and construction Conference – Shunan, Japan, 2005.* – P. 539–545. 2. Шмуклер В. С. *Каркасные системы облегченного типа* / В. С. Шмуклер, Ю. А. Климов, Н. П. Бурак. – Харьков, 2008. – 336 с. 3. Lai, T., Connor, J. J., Veneziano, D. (2010). *Structural behavior of BubbleDeck slabs and their applicatiob to lightweight bridge decks, Massachusetts.* 4. Демчина Б. Г. *Результати експериментальних досліджень збірно-монолітних залізобетонних плит перекриття із використанням пінобетону* / Б. Г. Демчина, О. Я. Литвиняк, О. В. Янко // *Современные строительные конструкции из металла та древесины: сб. науч. трудов: в 2-х частях.* – Одесса: ОГАСА, 2012. – № 16Ч. 1. – С. 78–83. 6. Вознюк Л. І. *Розрахунок та оцінка ефективності багатошарових і монококових плит перекриття* / Л. І. Вознюк, Б. Г. Демчина // *Energy-efficiency in civil engineering and architecture.* – 2018. – No. 10. – С. 69–76. 7. Вознюк Л. І. *Результаты исследования трехслойных плит перекрытия на изгиб* / Л. І. Вознюк, Б. Г. Демчина, Д. І. Дубижанский // *Вестник Брестского государственного технического университета: Строительство и архитектура.* – 2015. – № 1(91). – С. 28–32. 8. Вознюк Л. І. *Несуча здатність та деформативність багатошарових плит перекриття [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01* / Вознюк Леонід Іванович; *Нац. ун-т “Львів. політехніка”.* – Львів, 2018. – 21 с.

References

1. Shmukler, V. S. (2005), *Evolutionist approach in rationalization of building structures. Third International Structural Engineering and construction Conference, Shunan, Japan, pp. 539–545.* 2. Shmukler V. S., Klymov Yu. A., Burak N. P (2008), *Karkasnye systemy oblehchennoho typu. [Lightweight frame systems], Golden pages, Kharkov, 336 p [in Russian].* 3. Lai, T., Connor, J. J., Veneziano, D. (2010). *Structural behavior of BubbleDeck slabs and their applicatiob to lightweight bridge decks, Massachusetts.* 4. Demchyna B. H., Lytvyniak O. I., Yanko O. V. (2012), *Rezultaty eksperymentalnykh doslidzhen zbirno-monolitnykh zalizobetonnykh plyt perekryttia iz vykorystanniam pinobetonu. [Results of experimental studies of prefabricated monolithic reinforced concrete slabs with foam concrete]. Sovremennyye stroytelnye konstruktsyy iz metalla ta drevesyn. No. 16, OHASA, Odesa, pp. 78–83 [in Ukraine].* 5. Vozniuk L. I., Demchyna B. H. (2018), *Rozrakhunok ta otsinka efektyvnosti bahatosharovykh i monokovykh plyt perekryttia. [Calculation and evaluation of the effectiveness of multilayer and monocoque slabs]. Energy-efficiency in civil engineering and architecture. No. 10, KNUBA, Kyiv, pp. 69–76. [in Ukraine].* 6. Vozniuk L. I., Demchyna B. H., Dubyzhanskyi D. Y. (2015), *Rezultaty yssledovanyia trekhsloinykh plyt perekrytyia na yzhyb. [The results of the study of three-layer slabs for bending]. Vestnyk Brestskoho hosudarstvennoho tekhnicheskoho unyversyteta. No.1(91), Brest, pp. 28–32 [in Russian].* 7. Vozniuk L. I. (2018), *Nesucha zdatnist ta deformatyvniost bahatosharovykh plyt perekryttia: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk [Bearing capacity and deformation of multilayer slabs: Author's thesis], Lviv, 21p. [in Ukraine].*