

СПІЛЬНА РОБОТА КОМПОЗИТНОЇ АРМАТУРИ З ЛЕГКИМ ТА ВАЖКИМ БЕТОНОМ

JOINT WORK OF COMPOSITE REINFORCEMENT WITH LIGHT AND HEAVY CONCRETE

Чапюк О.С., к.т.н, доц., Гришкова А.В., асп., Кислюк Д.Я., к.т.н, доц., Пахолюк О.А., к.т.н, доц., Задорожнікова І.В.к.т.н, доц., (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

Chapiuk O.S., Ph.D., assoc., Grishkova A.V., asp., Kysliuk D.Y., Ph.D., assoc., Pakholiuk O.A., Ph.D., assoc., Zadorozhnikova I.V., Ph.D., assoc., (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Наведені результати експериментальних досліджень зчеплення композитної склопластикової арматури з пінобетоном класу В3,5 і важким бетоном класу С12/15 (В15). Проведено аналіз зчеплення арматурного стержня з бетонною призмою залежно від довжини анкерування.

The results of experimental studies of the adhesion of composite fiberglass reinforcement with foam concrete class B3.5 and heavy concrete class C12/15 (B15) are presented in the article. Various non-reinforced and reinforced products can be made of non-autoclaved foam concrete, such as blocks for building walls and floors, monolithic slabs and floors, stairs, etc. To increase the energy efficiency of buildings, it is recommended to use the joint work of "warm" materials as relatively low-strength foam concrete and composite reinforcement, which are similar in thermal conductivity. For widespread use of foam concrete in span structures, as well as heavy concrete, it is necessary to solve the problem of low strength cellular concrete. In general, the reduced strength of foam concrete could be compensated by inserting reinforcing bars in a stretched area, but it is clear that they will be much stronger than such cellular concrete. Increasing the strength of foam concrete will automatically lead to an undesirable increase in its density and thermal conductivity. Therefore, it is necessary to find the optimal proportions during the conduction of the experimental studies. The work of concrete and metal reinforcement is mainly ensured by engaging the protrusions on the surface of the rods for concrete, and in the case of composite reinforcement adhesion is mainly due to the adhesive ability of the cement gel. The adhesion of fiberglass reinforcement is approximately 10-15 times less than in heavy concrete. In addition to the low strength of foam concrete and adhesion to fiberglass reinforcement in general, an important role in this is also played by the absence of significant protrusions on the surface of the rods and their

roundness. In construction, it would be advisable to use fiberglass reinforcement in foam concrete during of bridges construction, floors and stairs, as well as in the construction of monolithic building walls.

Ключові слова: композитна склопластикова арматура, пінобетон, важкий бетон, призмовий метод, зчеплення, бетонна призма.

Composite fiberglass reinforcement, foam concrete, heavy concrete, prism method, adhesion, concrete prism.

Постановка проблеми та задачі дослідження. Останнім часом, крім важкого бетону, широкого використання в будівництві набув і пінобетон безавтоклавного твердіння. З ньогоможуть виготовлятися різні неармовані та армовані вироби, такі як блоки для стін будівель та перекриття, монолітні плити покриття та перекриття, сходи і т.д.

Містками холоду в будинках є, як правило, монолітні пояси, перемички та металева арматура. Для збільшення енергоефективності цих будівель доцільно використовувати спільну роботу таких «тепліх» матеріалів, як пінобетон та композитна арматура, які схожі між собою по теплопровідності.

Для широкого застосування пінобетону у прольотних конструкціях, так як і важкого бетону, необхідно вирішити проблему низької міцності ніздрюватих бетонів, особливо, на розтяг [1]. Загалом, знижену міцність пінобетону можна було б компенсувати за рахунок вкладання у нього арматурних стержнів у розтягнутій зоні, але зрозуміло, що вони будуть набагато міцніші такого чарункового бетону. Збільшення міцності пінобетону автоматично призведе й до небажаного збільшення його щільності і теплопровідності. Отже, треба за допомогою експериментальних досліджень знайти оптимальні пропорції. Загалом, знижену міцність пінобетону можна компенсувати за рахунок вкладання у нього арматурних стержнів в розтягнутій зоні, але зрозуміло, що вона буде набагато міцніша такого поритого бетону. [2, 3]. Робота бетону та металевої арматури переважно забезпечується за рахунок зачеплення виступів на поверхні стержнів за бетон, а у випадку з композитною арматурою зчеплення здебільшого відбувається за рахунок клеючої здатності цементного гелю.

Незважаючи на широке використання пінобетону та композитної арматури, все ще недостатньо експериментальних даних зчеплення їх між собою, що підтверджує актуальність проведення досліджень анкерування композитної склопластикової арматури в пінобетоні безавтоклавного твердіння.

Матеріали та конструкції дослідних зразків. Використовувались склокомпозитні арматурні стержні діаметром 10мм (Ø10АКС800) з такими характеристиками: межа міцності на розтяг $\sigma_{fu} = 958$ МПа, модуль пружності $E_f = 0,51 \times 10^5$ МПа [4]. У позначенні зразків вказувались клас арматури,

довжина анкерування від бетону, наприклад, АКС800/10d-V3,5. Було виготовлено дослідні зразки вигляді бетонних призм квадратного перерізу зі стороною 150мм (рис.1): 9 зразків з безавтоклавного пінобетону марки D800 (густина 800 кг/м^3), класу V3,5 та 6 зразків з важкого бетону класу C12/15.

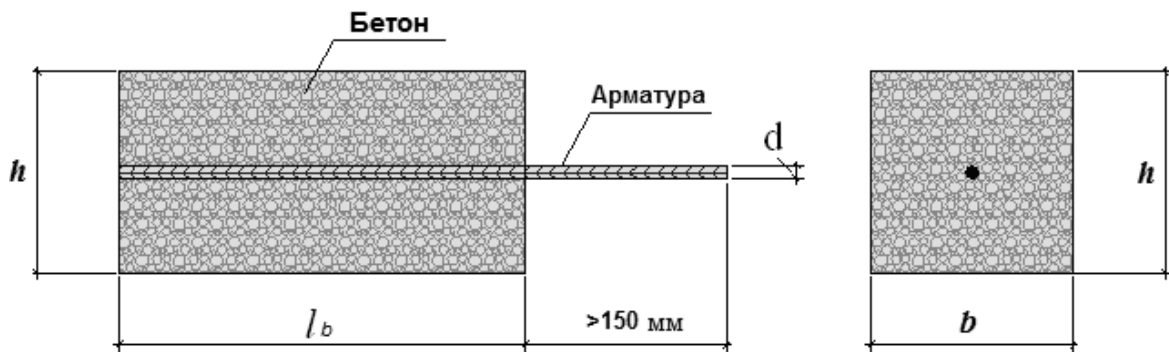


Рис. 1. Конструкція дослідних зразків

Довжина анкерування стержнів становила $10d, 20d$ та $40d$ (d – діаметр стержнів, в даному випадку $d=10\text{мм}$) – для пінобетону (рис. 2, а) та $10d, 20d$ – для важкого бетону (рис. 2, б).

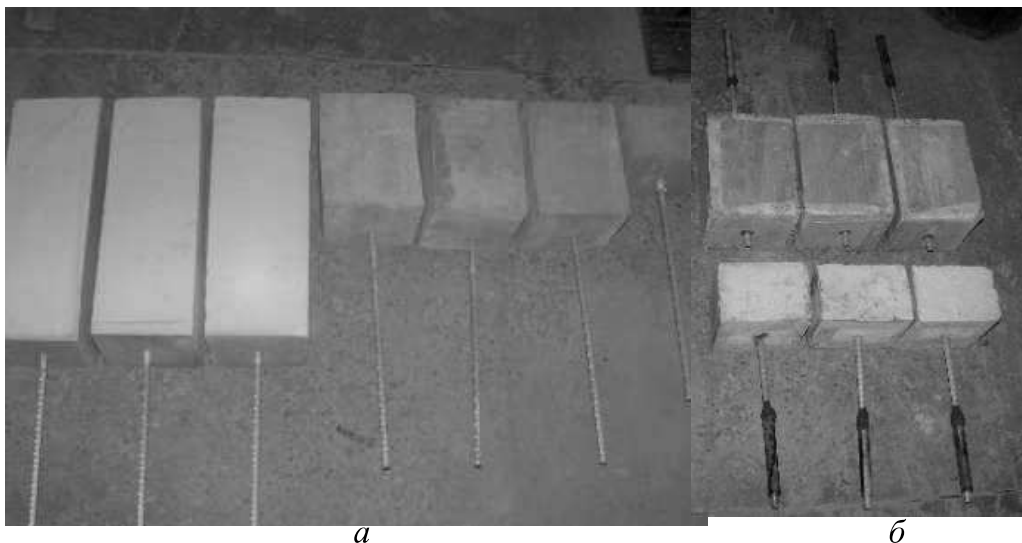


Рис. 2. Дослідні зразки – бетонні призми:
а – з пінобетону марки D800, ; б – з важкого бетону класу C12/15

Арматурні стержні розташовувались в бетонних призмах таким чином, щоб їхні поздовжні осі співпадали. Виступаючі частини стержнів повинні були дозволяти з одного боку закріплюватись в захваті преса, а з другого (вільного) - вимірювати його переміщення відносно торця призм (рис. 1, б).

Методика випробування бетонних призм.

Зчеплення композитної арматури з важким бетоном та пінобетоном досліджувалося шляхом висмикування склопластикової арматури з бетонних призм в розривній гідравлічній машині УММ-50, переміщення арматури вимірювалося індикатором годинникового типу(рис. 3).

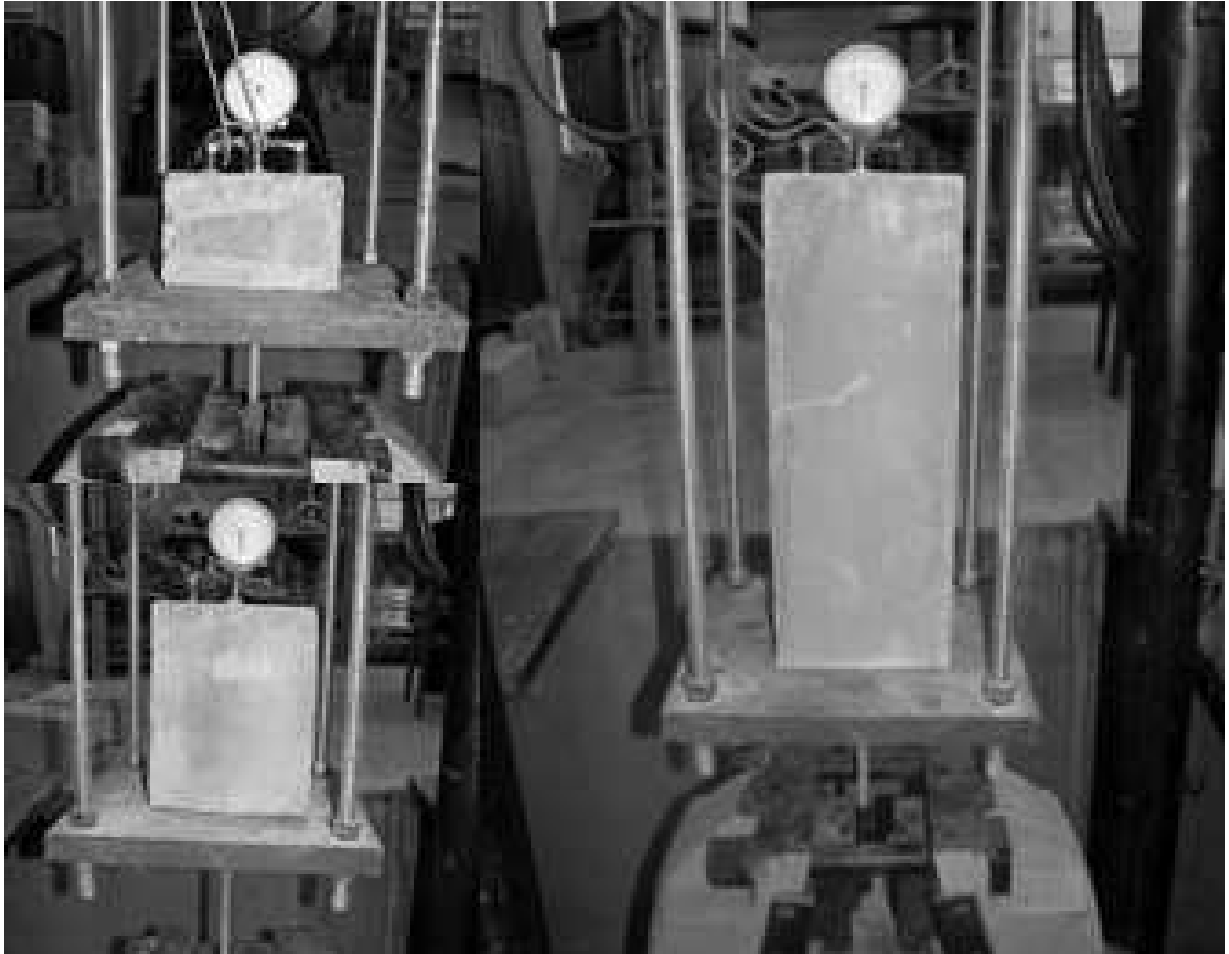


Рис. 3. Загальний вигляд випробування бетонних призм

Результати досліджень. В трьох зразках АКС800/10d-B3,5 з пінобетону та довжиною анкерування $10d = 100\text{мм}$ руйнування зразків відбулося при напруженнях в стержнях $f_{yd} = 16,6; 18,4; 20,3$ МПа при середньому значенні $f_{ydm} = 18,4$ МПа. Зразки АКС800/20d-B3,5 з вдвічі більшою довжиною анкерування зруйнувалися при напруженнях в стержнях $f_{yd} = 29,8; 31,6; 32,6$ МПа при середньому значенні $f_{ydm} = 31,3$ МПа. Зразки АКС800/40d-B3,5 з довжиною анкерування $40d$, були зруйновані при напруженнях в стержнях $f_{yd} = 68,2; 70,5; 73,4$ МПа при середньому значенні $f_{ydm} = 70,7$ МПа.

В усіх випадках спостерігалось висмикування склокомпозитної арматури без руйнування пінобетонних призм (рис. 4).

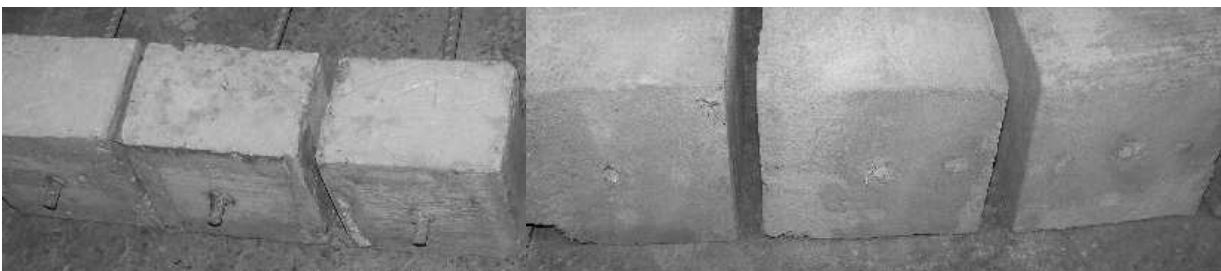


Рис. 4. Вигляд пінобетонних зразків до та після руйнування

Щодо зразків АКС800/10d-C12/15, армованих у важкому бетоні класу С12/15, руйнування відбулося при напруженнях в стержнях $f_{yd} = 162,2; 165,8; 171,3$ МПа при середньому значенні $f_{ydm} = 166,4$ МПа, що в 9 разів більше, ніж в зразках з пінобетону. Призми АКС800/20d-C12/15з довжиною анкерування 20dзруйнувалися при напруженнях $f_{yd} = 478,3; 495,1; 512,4$ МПа при середньому значенні $f_{ydm} = 495,3$ МПа, що в 16 разів більше, ніж в пінобетоні.

В результаті експерименту спостерігалось, що руйнування відбувалося внаслідок розриву бетонних призм вздовж їх осей (рис. 5).



Рис. 5. Вигляд зразків з важкого бетону до та після руйнування

Максимальні дотичні напруження зчеплення τ_{um} визначаємо за формулою:

$$\tau_{um} = f_{ydm} A_s / (\pi d l_{an}), \quad (1)$$

де f_{ydm} – нормальні напруження в склокомпонентних стержнях, МПа;

A_s – площа арматурного стержня, мм²;

d – діаметр арматури, мм;

l_{an} – довжина анкерування стержнів, мм.

Дотичні напруження зчеплення τ_{um} у пінобетонних зразках з довжиною анкерування 100, 200 і 400 мм відповідно склали $\tau_{um} = 0,46; 0,39$ і $0,44$ МПа при напруженнях в стержнях $f_{ydm} = 18,4; 31,3$ і $70,7$ МПа, а в зразках з важкого бетону С12/15 та довжиною анкерування 100, 200 мм дотичні напруження склали $\tau_{um} = 4,16; 6,19$ МПа (рис. 6).

Проаналізувавши отримані експериментальні дані, можна прийти до висновку, що через малу міцність пінобетону, зчеплення склокомпонентної арматури, приблизно, в 10-15 разів менше, ніж у важкому бетоні. Окрім малої міцності пінобетону і зчеплення з склокомпонентною арматурою загалом, важливу роль в цьому також відіграє відсутність значних виступів на поверхні стержнів (порівняно з металевією арматурою класу А500С) та їх округлість. Якби виступи арматури були більшими і менш округлими, то зчеплення з пінобетоном стало набагато більше.

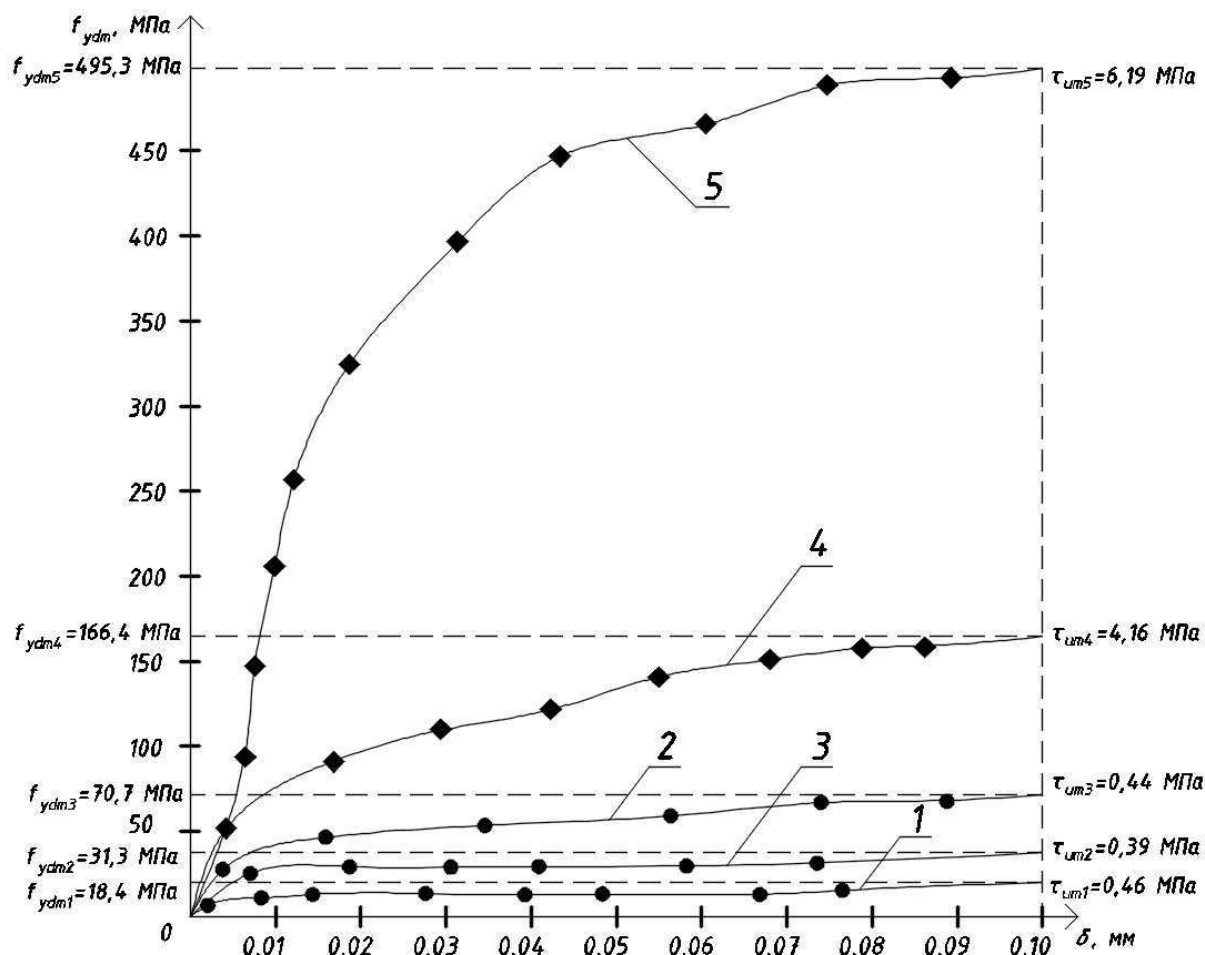


Рис. 6. Зміна проковзування δ стержнів залежно від напруження f_{yd} : 1 – АКC800/10d-B3,5; 2 – АКC800/20d-B3,5; 3 – АКC800/40d-B3,5; 4 – АКC800/10d-C12/15; 5 – АКC800/20d-C12/15

У будівництві доцільно було б використовувати склокомпозитну арматуру в пінобетоні при виготовленні перемичок, перекриття та сходів, а також при зведенні стін будівель монолітним способом (в попередньо змонтовану опалубку зі зв'язаним арматурним каркасом заливається пінобетонна суміш). Перевагами такого способу є:

- нижча ціна;
- отримання легших і тепліших стін;
- відсутність містків холоду;
- можливість використання склокомпозитних стержнів меншого діаметру, оскільки вони майже вдвічі міцніші на розтяг, ніж металеві.

Висновки.

1. Під час експериментальних випробувань в усіх дослідних зразках зчеплення пінобетону з композитною арматурою порушувалось за рахунок висмикування стержня з пінобетонної призми без її руйнування.

2. Зчеплення склокомпозитної арматури, приблизно, в 10-15 разів менше, ніж у важкому бетоні.

3. Окрім малої міцності пінобетону і зчеплення з склокомпозитною арматурою загалом, важливу роль в цьому також відіграє відсутність значних виступів на поверхні стержнів та їх округлість.

4. У будівництві доцільно було б використовувати склокомпозитну арматуру в пінобетоні при виготовленні перемичок, перекриття та сходів, а також при зведенні стін будівель монолітним способом.

1. Будівельні матеріали. Бетони ніздриуваті. Загальні технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-45-2010. – [Введ. з 01.11.2010.] — Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – (Національний стандарт України).

Budivelni materialy. Betony nizdriuvati. Zahalni tekhnichni umovy: DSTU B V.2.7 45 2010. – [Vved. z 01.11.2010.] — Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2010. – (Natsionalnyi standart Ukrainy).

2. Демчина Б. Г. Експериментальні дослідження зчеплення арматури з пінобетоном / Б. Г. Демчина, В. Б. Верба, Х. Б. Демчина // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. – № 545. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2005. – С.41–45.

Demchyna B. H. Eksperymentalni doslidzhennia zchepлення armatury z pinobetonom / B. H. Demchyna, V. B. Verba, Kh. B. Demchyna // Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika". Teoriia i praktyka budivnytstva. – № 545. – Lviv: Vydavnytstvo Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika", 2005. – S.41–45.

3. Верба В. Б. Контакт пінобетону з арматурою: вивчення явища, його моделювання та стабільності роботи в зоні зчеплення / В. Б. Верба, Б. Г. Демчина // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. – № 627. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2008. – С. 22–27.

Verba V. B. Kontakt pinobetonu z armaturoiu: vyvchennia yavyscha, yoho modeliuвання ta stadiinist roboty v zoni zchepлення / V. B. Verba, B. H. Demchyna // Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika". Teoriia i praktyka budivnytstva. – № 627. – Lviv: Vydavnytstvo Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika", 2008. – S. 22–27.

4. Чапук О. С. Залежність міцності зчеплення пінобетону з композитною склопластиковою арматурою від довжини анкетування / О.С. Чапук, С.В. Філіпчук, Б.В. Караван, А.В. Гришкова // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. –Луцьк: Луцький національний технічний університет, 2016. - Вип. 5. - С. 301-307.

Chapiuk O. S. Zalezhnist mitsnosti zchepлення pinobetonu z kompozytnoiu skloplastykovoioiu armaturoiu vid dovzhyny anketuvannya / O.S. Chapiuk, S.V. Filipchuk, B.V. Karavan, A.V. Hryshkova // Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi. –Lutsk: Lutskiy natsionalnyi tekhnichniy universytet, 2016. - Vyp. 5. - S. 301-307.