

коефіцієнта Пуассона. Мінрегіонбуд України. Київ. 2010.

17. Ксенофонтов А. Г. *Расчет и конструирование нагревательных устройств*: учеб. для вузов. 2-е изд., испр. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. 503 с.

koefitsiienta Puassona. Minrehionbud Ukrainy. Kyiv. 2010.

17. Ksenofontov A. H. *Raschet s konstruyrovanye nahrevatelnykh ustroystv*: Ucheb. dlia VUZov. 2- e yzd., yspr. M.: Yzd-vo MHTU ym. N.E. Baumana, 2014. 503 s.

Fomin S.L., Bondarenko Y.V., Butenko S.V., Koliesnikov S.M. THE PROBLEMS OF EXPERIMENTAL RECEIVING «STRESS-DEFORMATION» DIAGRAMS FOR CONCRETE OPERATING IN FIRE AND IN THE CONDITIONS OF ELEVATED TEMPERATURE. The article is devoted to the problems of experimental receiving a complete diagram of strain stress for concrete operating in fire and elevated temperatures. The experience of this type of tests from other countries and approaches to such experimental tests are given. The problems of heating the concrete sample before such tests and the stiffness of the power part of the test installation are considered. Simulations and calculations are performed to help solve this kind of test problem.

Key words: temperature diagram "stress-strain", experimental testing of concrete, installation for testing concrete at elevated temperatures.

doi.org/10.29295/2311-7257-2021-103-1-134-140

УДК 624.074.434

Шумаков І.В.¹, Салія М.Г.¹, Мікаутадзе Р.І.², Фурсов Ю.В.³

¹Харківський національний університет будівництва та архітектури

(вул. Сумська 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: shumakov.hisi@gmail.com, medeasalia@gmail.com ; orcid.org/0000-0002-1502-051X; orcid.org/0000-0002-2414-9016)

²Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

(вул. Алчевських 44, Харків, 61002, Україна; e-mail: revazmk@gmail.com; orcid.org/0000-0003-4501-7968)

³Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова

(вул. Маршала Бажанова 17, Харків, 61000 Україна; orcid.org/0000-0002-1386-2254)

КОНСТРУКТИВНІ І ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ УЛАШТУВАННЯ ПОКРИТТЯ У ФОРМІ ГІПЕРБОЛІЧНОГО ПАРАБОЛОЇДА

У статті розглядаються організаційно-технологічні та конструктивні рішення улаштування конструкції покриття у формі гіперболічного параболоїда. Виконана ідентифікація факторів, що впливають на параметри прийнятих рішень. В ході досліджень обґрунтована раціональна комбінація конструктивних і технологічних умов виробництва робіт, що забезпечило максимальну ефективність їх використання.

Ключові слова: оболонка, гіперболічний параболоїд, міцність, оптимізація, тканинна мембрана.

Вступ. За останні роки в багатьох країнах світу при зведенні будівель різного призначення спостерігається тенденція до застосування нових конструктивних рішень покриттів типу оболонок, окреслених по поверхні гіперболічного параболоїда. Оболонки дозволяють створювати покриття різноманітної архітектурної форми та вирішують задачу перекриття особливо великих площ з мінімальним використанням матеріальних ресурсів. Гармонійні й сміливі унікальні конструкції дають можливість творчого самовираження та експлуатаційної різноманітності площ і обсягів (рис. 1). Так, наприклад, Millennium Dome London входить до списку 25 найбільших будівель і споруд по площі з показником 104 600 м².

У якості просторових конструкцій покриття в формі гіперболічних параболоїдів (гіпару) з'явилися в 1932 р. у Франції [1]. Вони вважалися надзвичайно сміливими конструкціями для рівня розвитку наукових теорій, методів розрахунків та будівельних технологій того часу.

Хоча покриття у формі гіперболічних параболоїдів являє собою систему просторових поверхонь з подвійною кривиною, їх реалізація досить проста, через те, що всі елементи можуть бути розміщені по направлених лініях.

Гіперболічний параболоїд можна описати як поверхню перенесення у двох варіантах:

- пряма по двох перехресних прямих (рис. 2, а);
- параболою по параболі (рис. 2, б).

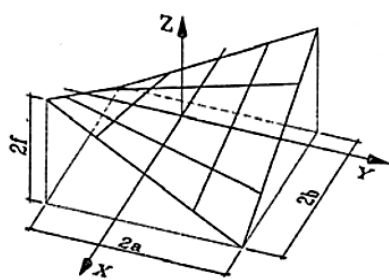


а)

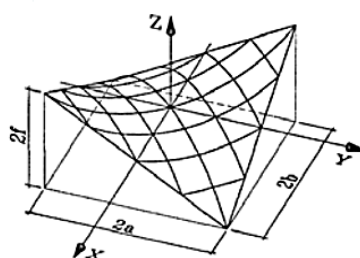


б)

Рис. 1. Покриття з оболонки: а) Millennium Dome London; б) торговий центр в Каїрі



а)



б)

Рис. 2. Схеми поверхонь: а) по двох перехресних прямих; б) параболою по параболі

Основні залежності побудови геометрії поверхні гіперболічного параболоїда на прямокутному плані наведені в роботі Н.В. Канчелі [2]:

- поверхня гіперболічного параболоїда:

$$z = \frac{f}{a \cdot b} \cdot x \cdot y \quad (1)$$

- поверхня параболі:

$$z = \pm \frac{f}{a \cdot b} \cdot y^2 \quad (2)$$

- поверхня гіперболи:

$$x = \pm \frac{c \cdot a \cdot b}{f} \cdot \frac{1}{y} \quad (3)$$

Конструкція покриття у формі гіперболічних параболоїдів дає архітекторам і будівельникам необмежені можливості в проектуванні та будівництві. Така конструкція може бути розміщена на фундаменті будь-якої форми (прямокутній, трикутній, круглій, еліпсоїдній та ін.), а також на будь-яку будівлю, яка є складною за формою або по розташуванню.

Аналіз досліджень і публікацій. Питанням розрахунку, проектування і будівництва гіперболічних оболонок присвячено багато праць. Як зазначено в праці [3], гіпери стали використовуватися в будівництві пізніше оболонок інших видів, їх статичні та жорсткісні властивості, а також проблеми проектування виявилися менш вивченими та розробленими. У спільній праці Н.П. Абовської і І.М. Самольянова [4] висвітлені основні принципи розрахунку пологої оболонки типу гіперболічного параболоїда. У працях [5–8] представлені теоретичні аспекти розрахунків даної оболонки. Ряд українських вчених в

роботах [9–13] також розглядали позначену проблематику. Теоретичні роботи [14–17] пропонують чітко визначені та перевірені рекомендації для розрахунку такого роду об'єктів.

Мета статті. На практичному прикладі об'єкта будівництва проаналізувати конструктивні та організаційно-технологічні рішення при зведенні конструкцій покриття в формі гіперболічних параболоїдів; виявити та згрупувати фактори, що впливають на параметри прийнятих рішень.

Матеріали та методи. Об'єктом вивчення є покрівельна конструкція покриття у формі гіперболічного параболоїда з розмірами в плані $16,1 \times 21$ м, що захищає частину території бази відпочинку в теплий період року від сонячних променів і атмосферних опадів. Об'єкт розташований на території с. Хотімля Харківської обл. Було застосовано методи дослідження: фактологічний – для систематизації наукових джерел і архітектурно-проектних матеріалів; візуальний аналіз – ґрунтується на фотофіксації при вивченні досліджуваного об'єкта; експериментальне проектування – для підтвердження теоретичних припущень.

Результати дослідження. При початковому опрацюванні варіантів конструктивних рішень попередньо був обраний варіант зведення накриття в формі гіперболічного параболоїда із застосуванням тканинної мембрани спільно з опорними конструкціями (щогли та ванти). На сьогодні існує ряд програмних комплексів, що дозволяють провести розрахунок міцності мембрани спільно з опорними конструкціями (рис. 3).

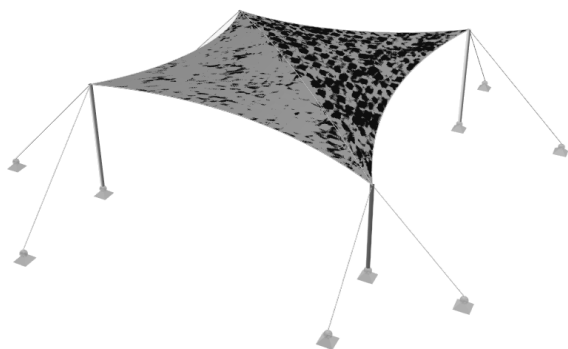


Рис. 3. Приклад розрахункової моделі тканинної мембрани спільно з опорними конструкціями у формі гіперболічного параболоїда

Як правило, найбільшим елементом конструкції такого типу є текстильна мембрана, яка дуже стійка до зусиль розтягу, але не така стійка до сил розриву. Наприклад, типова тканинна мембрана з межею міцності на розтяг (tensile strength) 16 кН/м має межу міцності на розрив (tear resistance) $1,2 \text{ кН}$. Міцністю на розрив виступає така сила, під дією якої починається або продовжується розрив тканини при певних умовах. Зазвичай тканина рветься, коли на неї впливають гострим предметом, й відразу ж невеликий прокол перетворюється в довгий розрив. Це, ймовірно, найбільш поширений тип порушення міцності тканинної мембрани, тому дуже важливою є перевірка міцності тканини на розрив. Даний факт є причиною повного руйнування конструкції такого накриття в разі розриву структурної мембрани з будь-якої причини.

У цій ситуації виникає додаткова проблема: конструкція що несе (в основному щогли та арки) може повалитися і викликати небезпечні наслідки для людей, що знаходяться або під накриттям, або в безпосередній близькості до нього. З цієї причини необхідно обов'язково перевіряти поведінку конструкції, виключивши з розрахунку мембрану.

З урахуванням вищевикладеного початкові конструктивні рішення були скориговані. Опорні конструкції покриття були запроектовані з металевих зварених труб, жорстко

затиснених у фундаментах. Периметр покриття і центральні балки, що формують ухил, прийняті з квадратних сталевих труб. Основними елементами, що забезпечують стійкість конструкції гіпару в цілому, були відтяжки. Відтяжки кріпляться одним кінцем до конструкції гіпару, а іншим – до закладних деталей, розташованих на конструкціях фундаменту, і таким чином сприймають навантаження від впливу вітру і передають її на фундаменти. Кожна відтяжка складалася зі сталевго каната з гнучким органічним сердечником, талрепа, коушів і затискачів. Талреп служить для установки необхідного натягнення відтяжки. Коуші формують петлю троса і запобігають перетиранню і перегинанню каната, затискачі – для фіксації петлі троса.

Для підтвердження обраного припущення в програмно-обчислювальному комплексі SCAD Office 11.5 була побудована аналітична модель. Були виконані статичні розрахунки та підібрані перетини сталевих елементів (рис. 4).

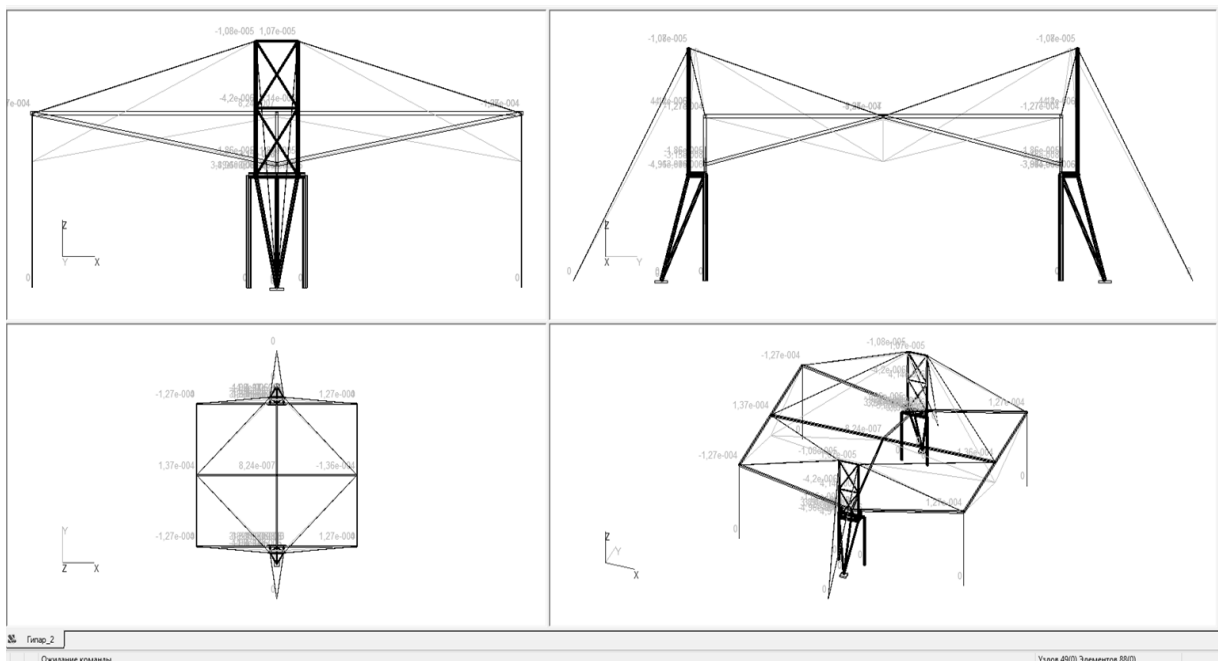


Рис. 4. Розрахункова схема конструкцій накриття, побудована в програмно-обчислювальному комплексі SCAD Office 11.5

У розрахунку враховувалась власна вага конструкцій та вітровий вплив. Очевидно, що ця конструкція безпечна, тому що в разі серйозного руйнування мембрани вона залишиться в проектному положенні.

Для захисту від сонячного світла та атмосферних опадів поверхня гіпару була покрита тканинною мембраною. Для запобігання провисання мембрани та сприйняття нею вітрових навантажень і формування поверхні двоякої кривини по всій площі покриття була влаштована система тросів як в поздовжньому, так і в поперечному напрямку з кроком 450 мм (рис. 5). По всій площі накриття тканинна мембрана кріпилася до системи тросів і передавала все вітрове навантаження на них.

Аналітичні розрахунки із застосуванням програмно-обчислювального комплексу SCAD Office 11.5 підтвердили правильність прийнятих конструктивних рішень, високу міцність і надійність споруди.

Період будівництва був розділений на два етапи – виготовлення і монтаж всіх сталевих несучих конструкцій з використанням тимчасових підпірок для балок по периметру покриття, і другий, в ході якого проводилося натягнення розтяжок і тросів. Розтяжки натягалися одночасно, з однаковою інтенсивністю і зусиллями. Всі сталеві конструкції

виготовлялися безпосередньо на будівельному майданчику по кресленнях марки КМД, виконаних із застосуванням програмного комплексу Tekla Structures (рис. 5).

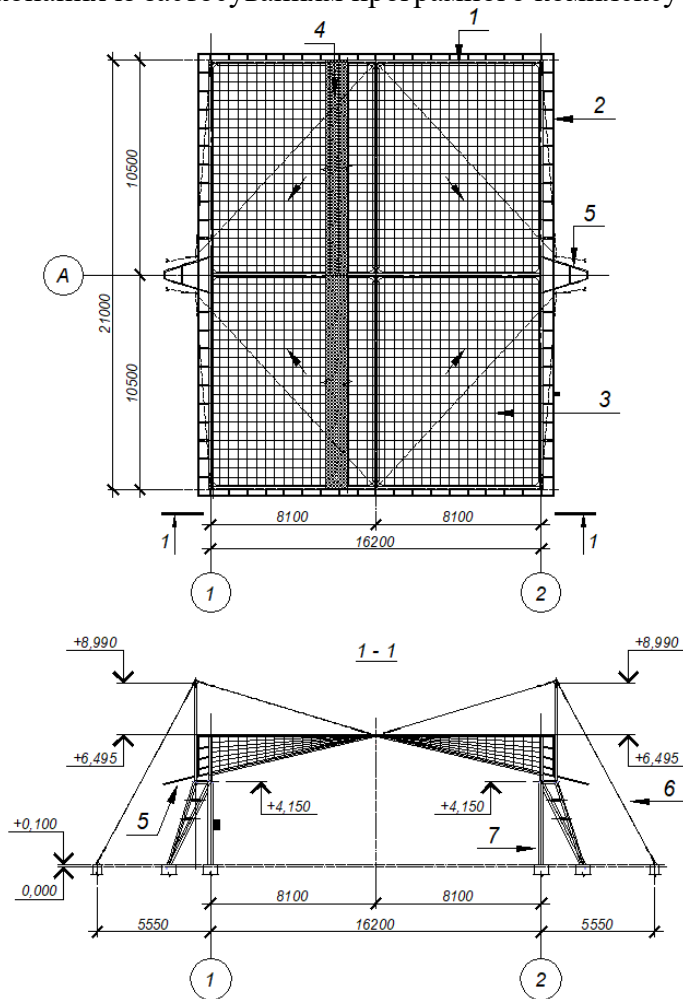


Рис. 5. План покриття з системою тросів: 1 – сталеві балки; 2 – пояс по периметру покриття зі сталевих труб для натягу тканинної мембрани; 3 – система сталевих тросів; 4 – тканинна мембрана; 5 – конструкція для відводу води з покриття; 6 – сталева відтяжка; 7 – сталеві опорні конструкції

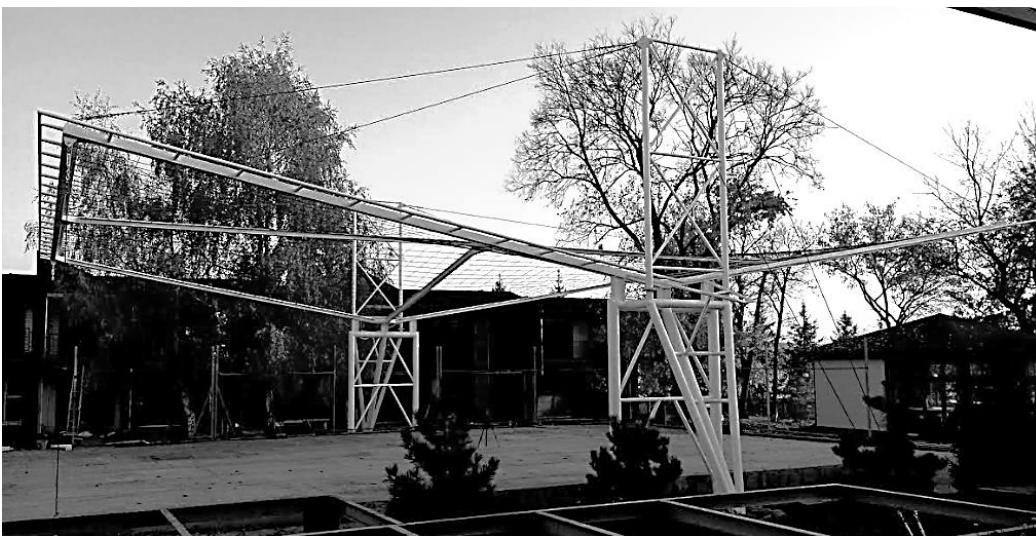


Рис. 5. Загальний вигляд конструкцій гіпару після закінчення будівництва

Деформації від пробного навантаження на покриття, що впливало після закінчення будівництва, не перевищували нормованих величин.

Висновки. В ході досліджень обґрунтована раціональна комбінація конструктивних і технологічних рішень виконання робіт, що забезпечило максимальну їх ефективність. На прикладі просторової конструкції покриття в формі гіперболічного параболоїда ще раз підтверджено високу надійність споруд оболонки. Встановлено, що проблеми проектування і зведення покриттів такого типу є недостатньо вивченими, що підтверджує необхідність подальших досліджень в даному напрямку. Досвід, отриманий під час зведення даного об'єкта є корисним при підготовчих роботах і улаштуванні покриттів будівель і споруд, як у вигляді індивідуальних оболонки, так і у вигляді комбінованих систем, скомпонованих з просторових конструкцій покриття в формі гіперболічного параболоїда.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Милейковский И.Е., Купар А. К. *Гипары*. Москва: Стройиздат, 1978. 180 с.
2. Канчели Н.В. *Строительные пространственные конструкции*: уч. пос. Москва: Издательство ЛСВ. 2003. 112 с.
3. Стоянов В. В. *Конструирование легких сборных гиперболических покрытий*. Одесса: Укртехснаб. 2000. 166 с.
4. Абовский Н.П., Самольянов И.И. К расчету пологой оболочки типа гиперболического параболоида. *Строительная механика и расчет сооружений*. 1969. №6. 712 с.
5. Самольянов И.И. Расчет пологих оболочек типа гиперболических параболоидов с учетом жесткости затяжки. *Строительная механика и расчет сооружений*. 1976. №6. С. 56-61.
6. Рассказов А.О. *Расчет оболочек типа гиперболических параболоидов*. Киев: КГУ. 1972. 175 с.
7. Милейковский И.Е., Купар А.К. *Расчет и проектирование пологих оболочек покрытий в форме гиперболического параболоида*. Москва: Стройиздат. 1977. 223 с.
8. Чиненков Ю.В. Испытания сборной оболочки в виде гиперболического параболоида на прямоугольном плане. *Промышленное строительство*. 1964. №5. с. 25-30.
9. Stojanov V.V., Jgalli S.J., Stojanov V.O. The constituent elements structures covering of hyperbolic paraboloid. *Збірник наукових праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво*. 2017. №1(48). с. 311-321.
10. Жгалли Ш., Резников А.О. Многокритериальная оптимизация сэндвич параболіческих панелей под действием комбинированной загрузки. *Збірник наукових праць: сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. Луцьк. 2017. Вип. 6. с. 108-117.
11. Стоянов В.В., Жгалли Ш. Гіперболічний параболоїд з параболічних та асимптотичних панелей. *Збірник наукових праць: сучасні будівельні конструкції з металу і деревини*. Одесса. 2016. Вип. 20. с. 141-153.

REFERENCES:

1. Mileykovskiy I.Y., Kupar A.K. *Gipary*. Moskva: Stroyizdat, 1978. 180 s.
2. Kancheli N.V. *Stroitel'nyye prostranstvennyye konstruksii: uch. pos. Moskva: Iz-datel'stvo LSV*. 2003. 112 s.
3. Stoyanov V.V. *Konstruirovaniye legkikh sbornykh giperbolicheskikh pokrytiy*. Odessa: Ukrtekhsnab. 2000. 166 s.
4. Abovskiy N.P., Samol'yanov I.I. K raschetu pologoy obolochki tipa giperbolicheskogo paraboloida. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy*. 1969. №6. 712 s.
5. Samol'yanov I.I. Raschet pologikh obolochek tipa giperbolicheskikh paraboloidov s uchetom zhestkosti zatyazhki. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy*. 1976. №6. S. 56-61.
6. Rasskazov A.O. *Raschet obolochek tipa giperbolicheskikh paraboloidov*. Kiyev: KGU. 1972. 175 s.
7. Mileykovskiy I.Ye., Kupar A.K. *Raschet i proyektirovaniye pologikh obolochek pokrytiy v forme giperbolicheskogo paraboloida*. Moskva: Stroyizdat. 1977. 223 s.
8. Chinenkov YU.V. Ispytaniya sbornoy obolochki v vide giperbolicheskogo paraboloida na pryamougol'nom plane. *Promyshlennoye stroitel'stvo*. 1964. №5. s. 25-30.
9. Stojanov V.V., Jgalli S.J., Stojanov V.O. The constituent elements structures covering of hyperbolic paraboloid. *Zbirknik naukovikh prats'. Seriya: galuzeve mashinobuduvannya, budivnitstvo vipusk*. 2017. №1(48). s. 311-321.
10. Zhgalli SH., Reznikov A.O. *Mnogokriterial'naya optimizatsiya sendvich parabolicheskikh paneley pod deystviyem kombinirovannoy zagruzki / Zbirknik naukovikh prats': suchasni tekhnologii ta metodi rozrakhunkiv u budivnitstvi*. Luts'k. 2017. Vip. 6. s. 108-117.
11. Stoyanov V.V., Zhgalli SH., *Giperbolichniy paraboloid z parabolichnikh ta asimptotichnikh paneley / Zbirknik naukovikh prats': suchasni budivel'ni konstruksii z metalu i derevini*. Odessa. 2016. Vip. 20. s. 141-153.

12. Бугаевский С.А. Способ возведения элементов зданий криволинейной формы. *Науковий вісник будівництва*. 2015. № 2(80). с. 116-126.
13. Tedesco A. Shell at Denver-Hyperbolic Paraboloidal Structure of Wide Span. *Journal Proceedings*. 1960. Volume: 57. p. 403-412.
14. Candela F. Understanding the Hyperbolic Paraboloid. *Architectural Record*. 1958. p. 191-205.
15. Candela F. General Formulas for Membrane Stresses in Hyperbolic-Paraboloidal Shells, *Journal of the American Concrete Institute*. 1960. Volume: 57. p. 353-371.
12. Bugayevskiy S.A. Sposob vozvedeniya elementov zdaniy krivolineynoy formy. *Naukoviy visnik budivnitstva: zb. nauk. pr.* 2015. № 2. s. 116-126.
13. Tedesco A. Shell at Denver-Hyperbolic Paraboloidal Structure of Wide Span, *Journal Proceedings*. 1960. Volume: 57. p. 403-412.
14. Candela F. Understanding the Hyperbolic Paraboloid. *Architectural Record*. 1958. p. 191-205.
15. Candela F. General Formulas for Membrane Stresses in Hyperbolic-Paraboloidal Shells, *Journal of the American Concrete Institute*. 1960. Volume: 57. p. 353-371.

Shumakov I.V., Salia M.G., Mikautadze R.I., Fursov Y.V. CONSTRUCTIVE AND ORGANIZATIONAL - TECHNOLOGICAL FEATURES OF THE COATING DEVICE IN THE FORM OF A HYPERBOLIC PARABOLOID. The article discusses the organizational, technological and constructive solutions for the construction of a coating in the form of a hyperbolic paraboloid. The identification of factors influencing the parameters of decision-making is carried out. In the course of the research, a rational combination of design and technological conditions for the production of work was substantiated, which ensures maximum efficiency during their use.

Key words: shell, hyperbolic paraboloid, strength, optimization, fabric membrane.

doi.org/10.29295/2311-7257-2021-103-1-140-144

УДК 691.3; 691.5

Бойко О.В., Ковальчук О.Ю., Кривенко П.В.

Київський національний університет будівництва і архітектури.

*Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів ім. В.Д. Глуховського
(Повітрофлотський пр-т, 31, Київ, 03037, Україна, e-mail: olia.bojkoyt@gmail.com;
kovalchuk.oyu@gmail.com; pavlo.kryvenko@gmail.com; orcid.org/0000-0001-7521-0166,
orcid.org/0000-0001-6337-0488 orcid.org/0000-0001-7697-2437)*

РОЛЬ Al_2O_3 У СКЛАДІ ШЛАКУ У ЗАПОБІГАННІ КОРОЗІЇ АРМАТУРИ У ШЛАКОЛУЖНОМУ БЕТОНІ

Стаття присвячена дослідженню впливу складу доменного шлаку на корозію арматури в шлаколужних бетонах та основним принципам запобігання процесу корозії шляхом зв'язування вільних іонів SO_4^{2-} та Cl^- . Розглянуто методологію проведення досліджень та визначено безпосередній вплив кількісного вмісту хімічних елементів шлаку, а саме Al на корозію арматури в шлаколужному бетоні. Визначено головні напрямки проведення досліджень та обгрунтовано важливість очікуваних результатів.

Ключові слова: лужний бетон, арматура, залізобетон, корозія, луги, сульфати, хлориди.

Вступ. Відомо, що первинна захисна дія бетону визначається складом та значенням рН рідкої фази, яка формується в процесі тверднення бетонної суміші, щільністю штучного каменю та товщиною захисного шару. Корозія арматури в залізобетонних конструкціях переважно протікає в результаті виникнення мікро- та макрогальванічних пор в місцях контакту металу з вологою. Також відомі випадки корозії арматури, коли по тій або іншій причині її поверхня залишається активною або не повністю пасивується при виготовленні конструкції, чи повністю втрачає пасивність в процесі експлуатації.

Томашов Н. Д. визначає пасивність арматури (в умовах, коли з термодинамічної точки зору метали доволі реакційно-здатні) як стан підвищеної корозійної стійкості, викликаной гальмуванням анодного процесу [1].

Тривалими дослідженнями і спостереженнями за станом арматури у лужних бетонах [2, 3] було підтверджено відсутність корозії арматури, однак з огляду на широке впровадження в будівництво промислових відходів, в тому числі таких, що містять солі сильних