УДК 693.98

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ СТІНОВІ КОНСТРУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ПІНОПОЛІСТИРОЛУ

Менейлюк О.І., Черепащук Л.А., Олійник Н.В.
Одеська державна академія будівництва і архітектури
pr.mai@mail.ru
larochka104@ukr.net
natali.1727v@gmail.com

Стаття присвячена розробці нового конструктивно-технологічного рішення багатошарової огороджувальної стінової конструкції будівель і споруд із використання пінополістиролу як незнімної опалубки, який є екологічно чистим утеплювачем, попри його хімічне походження. Новизна цього рішення підтверджена патентом на корисну модель [6]. У роботі представлені результати розробки нової технології та практичного її застосування. *Ключові слова:* пінополістирол, незнімна опалубка, багатошарові конструкції, енергоефективні технології, огороджувальні конструкції, торкретування.

Энергоэффективные ограждающие стеновые конструкции с использованием пенополистирола. Менейлюк А.И., Черепащук Л.А., Олийник Н.В. Статья посвящена разработке нового конструктивно-технологического решения многослойной ограждающей стеновой конструкции зданий и сооружений по использованию пенополистирола в качестве несъемной опалубки, который является экологически чистым утеплителем, несмотря на его химическое происхождение. Новизна этого решения подтверждена патентом на полезную модель [6]. В работе представлены результаты разработки новой технологии и практического ее применения. *Ключевые слова:* пенополистирол, несъемная опалубка, многослойные конструкции, энергоэффективные технологии, ограждающие конструкции, торкретирование.

Energoeffective protective walls using foam polystyrene. Meneiliuk O.I., Cherepashchuk L.A., Oliinyk N.V. The article is devoted to the development of a new structural and technological solution for the multi-layer fencing wall construction of buildings and structures using foam polystyrene as a non-removable formwork, which is an environmentally friendly insulation, despite its chemical origin. The novelty of this decision is confirmed by the patent for the utility model [6]. The paper presents the results of the development of new technology and its practical application. *Key words:* foam polystyrene, non-removable formwork, multilayer structures, energy-efficient technologies, fencing structures, gripping.

Постановка проблеми. Сьогодні питання утеплення та підвищення енергоефективності будівель стоїть на першому місці. Це підтверджується багатьма державними програмами по їх забезпеченню та введенням у дію нових змін до нормативних документів [2]. Тому розвиток нових конструктивних рішень з використання сучасних енергоефективних матеріалів набрав популярності. На будівельному ринку такі матеріали представлені у широкому асортименті. У зв'язку з цим, найбільш простим способом зведення будівель є використання багатошарових конструкцій з незнімною опалубкою [1; 3; 7]. Для незнімної опалубки найбільш раціональним матеріалом є пінополістирол, який відрізняється низькою теплопровідністю, відсутністю водопоглинання та гарною стійкістю до деформацій. У зв'язку з високими вимогами до екологічності сучасних матеріалів, слід говорити не тільки про безпеку самих матеріалів і вплив навколишнього середовища, але також і про мікроклімат внутрішнього приміщення та якість повітря у ньому. Важливим фактором у даному випадку є можливість запобігання розмноження бактерій, цвілі і грибів та їх проникнення через захисну конструкцію будівлі.

Актуальність дослідження полягає у необхідності більш глибокого вивчення сучасних технологій зведення будівель та споруд з використанням широко популярних на сьогодні теплоізоляційних матеріалів з метою забезпечення високої енергоефективності будівельних об'єктів. Тому серед багатьох поширених матеріалів найбільш ефективним для улаштування незнімної опалубки є екструдований пінополістирол. Застосування у багатошарових стінах такого утеплювача дозволяє ефективно вирішити проблеми досягнення теплового комфорту всередині будівлі і довговічності конструкції. Сучасний екструдований пінополістирол являється екологічно чистим утеплювачем попри його хімічне походження. Він не піддається біологічному розкладанню у навколишньому середовищі і абсолютно нешкідливий для здоров'я [4].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Ухвалення Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» №2118-VIII, який набрав чинності 23.07.2017 відкрило нову сторінку у сучасному будівництві: виробники відчули реальний попит на енергозберігаючі, інноваційні технології, а паралельне посилення «екологічних тенденцій» поставило і ще одне завдання: комбінувати ефективність технологій з безпекою для людини і навколишнього середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [1; 7] дослідження направлені на теплотехнічні властивості та конструктивні характеристики

монолітних залізобетонних зовнішніх стін з використанням опалубки із пінополістиролу. При таких конструктивних рішеннях підвищується теплоізоляція та мінімізуються температурні містки. Для будівництва це дуже зручний і технологічний матеріал, що дозволяє формувати практично будь-який архітектурний вигляд будівель.

Дані досліджень [4] показують, що у відібраних пробах повітря у приміщенні зі стіновими панелями із пінополістиролу не виявлено стиролу, що негативно впливає на екологію. Він не впливає на навколишнє середовище та життєдіяльність організму, тому використання пінополістиролу є цілком безпечним у житловому будівництві. Випробування, проведені у лабораторіях з ідеальними для росту цвілі умовами, показали, цвіль на випробовуваних зразках не утворюється, зростання грибів також не спостерігається.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Враховуючи, що у роботі поставлений акцент на розвиток нової технології, зокрема власна розробка авторів [6], яка ще не досліджена, постало завдання виявлення ефективності соціальної, економічної, екологічної і технологічної. У дослідженні приділяється увага аналізу конструктивних рішень, насамперед організації будівельних процесів та їх механізації, які напряму пов'язані з охороною навколишнього середовища.

Новизна. На основі сучасних нормативних документів [2; 5] та державних програм по енергозбереженню розроблено та досліджено нове конструктивно-технологічне рішення енергоефективних огороджувальних конструкцій із використання пінополістиролу як незнімної опалубки, визначено його вартість, трудомісткість та тривалість будівництва під впливом різних організаційно-технологічних факторів.

Методологічне або загальнонаукове значення. Моделювання виробничих процесів зведення, за технологією висвітленою у патенті [6], виконували на прикладі малоповерхової будівлі площею у плані 100 м^2. На основі обсягів робіт зроблено кошторисний розрахунок по зведенню малоповерхової будівлі та побудований календарний графік при заданих характеристиках. Розрахунок і побудова цих варіантів здійснювали за допомогою програмного комплексу АВК-5, де отримали вартість та трудомісткість і програми Microsoft Project для визначення тривалості будівництва.

Виклад основного матеріалу. Вирішення проблеми підвищення енергоефективності неподільно пов'язано з питанням екології та є одним із пріоритетних напрямків розвитку сучасних технологій будівництва. Тим більше автори пропонують власну розробку, яка ще мало досліджена.

У статті представлені основні результати досліджень нового конструктивно-технологічного рішення. Новизна запропонованої технології підтверджена патентом на корисну модель і обґрунтована в описі [6]. Суть цієї технології полягає у використанні незнімних опалубок з енергоефективного матеріалу – екструдованого пінополістиролу. Він відрізняється легкістю, завдяки чому всі роботи можна проводити без залучення тяжкої будівельної техніки. Така опалубка надалі служитиме шаром термоізоляції, заходи з утеплення стін проводити не треба. У даному матеріалі практично відсутнє водопоглинання, оскільки осередки речовини запаяні, вода ні в одному зі своїх станів не може пройти всередину, тому має стійкість до утворення цвілі, завдяки морозостійкості і не схильності до гниття, появи грибка. Має високу стійкість до хімічних речовин, що дозволяє використовувати дану технологію для зведення не тільки споруд виробничого призначення, а і житлових будівель.

Основні характеристики нового конструктивно-технологічного рішення наступні.

Технологія зведення будівель і споруд по Патенту на корисну модель №115636 Варіанту № 1 (рис. 1) характеризується тим, що внутрішній монолітний шар багатошарової стінової конструкції має арматурний просторовий каркас 1. Він разом з бетоном 2 буде нести і приймати основні навантаження. Як незнімна опалубка використовується екструдований пінополістирол 3, як ефективний теплоізоляційний матеріал.

Опір теплопередачі для кожного рішення розраховувався по формулі:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_{з}} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{з}}$$

де R – опір теплопередачі; $\alpha_{в}$ $\alpha_{з}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхні, Вт/(м^2·К); R_i – тепловий опір i-го шару конструкції, (м^2·К)/Вт; δ_i – товщина і-го шару конструкції, м; λ_{ip} – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції, Вт/(м·К); n – кількість шарів конструкції.

$$R = \frac{1}{23} + \frac{0{,}05}{0{,}031} + \frac{0{,}15}{2} + \frac{0{,}05}{0{,}031} + \frac{1}{8{,}7} = 3{,}1\ (\text{м2} \cdot \text{К})/\text{Вт}$$

Також необхідно зазначити, що він легко сумісний з бетонними конструкціями. Для фіксації незнімної опалубки у проектному положенні з фундаменту виконуються випуски арматури 4 по периметру стін. Обидва шари незнімної опалубки з пінополістиролу 3 армовані сітками 5 і з'єднані між собою арматурними стрижнями z-подібної форми 6 утворюючи єдину конструкцію. Така форма стрижнів дозволяє полегшити з'єднання армуючої сітки 5, що знаходиться на поверхні пінополістирольних плит 3. Сітка забезпечує додаткову стійкість плит при їх монтажі і заливці залізобетонного шару 2.

Крім екологічності, безпеки і енегроефективності, пінополістирол, будучи легким, міцним і не крихким матеріалом, відповідає також такій важливій у будівництві вимозі як зручність монтажу. Різка пінополіс-

Таблиця 1

Найменування технології	Товщина стіни, мм	Опір теплопередачі, м²•С/Вт	Вага 1 м² стіни, кг	Площа приміщень при розмірах будівлі 10х10 м, м²	Вартість 1 м² стіни, грн	Трудомісткість, чол.год/м²
1	2	3	4	5	6	7
Патент № 115636	290	3,1	385	88,7	1207	8,7

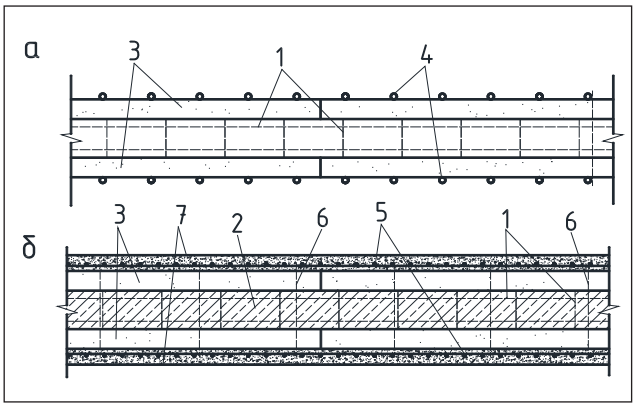

Рис. 1. Конструкція стіни по Варіанту 1
а) схема пристрою каркаса опалубки конструкції;
б) готова конструкція
1 – каркас з/б шару; 2– з/б шар; 3 – незмінна опалубка з пінополістиролу; 4 – випуски арматури з фундаменту;
5 – арматурна сітка; 6 – фіксуючі елементи z-подібної форми; 7 – торкрет-бетон

тиролу можлива без використання спеціальних ріжучих інструментів, простими засобами, такими як ніж або ручна пила. Він має групи горючості Г2 і Г3 по категорії вогнестійкості завдяки тому, що спеціальні речовини-антипірени, які додатково підмішують у розплавлений пінополістирол при його виробництві, перешкоджають його займанню [4].

Результати дослідження нового конструктивно-технологічного рішення енергоефективних огороджувальних стінових представлені у таблиці.

Висновки і пропозиції. Конструктивно-технологічне рішення огороджувальних конструкцій за патентом № 115636, яке полягає в улаштуванні внутрішнього монолітного шару у незнімній опалубці із пінополістиролу, дає можливість заощадити на використанні тяжкої будівельної техніки, яка дає викиди у навколишнє середовище, відповідно до норм ОВОС. Продукти горіння полістиролу не менш небезпечні, ніж продукти горіння целюлози, дерева та шерсті, які широко поширені у побуті. Звідси можна зробити висновок про хімічну та біологічну нейтральності пінополістиролу. Будівля, побудована методом незнімної опалубки, має підвищені енергозберігаючі характеристики – 3,1 (м²·К)/Вт. Тим більше що вартість зведення 1 м² такої стіни дорівнює 1207 грн, трудомісткість 8,7 люд.-год/м², а корисна площа внутрішніх приміщень на 11,5% більше у порівнянні з цегляною стіною.

Література

1. Усенко В.Н., Будзило Е.Е., Горовая Н.А., Кубышкина И.А. Строительство «пассивных» индивидуальных зданий с использованием несъемной опалубки из пенополистирола. Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. 2016. № 3 (46). С. 80–83.
2. Державні будівельні норми. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. [На заміну ДБН В.2.6-31:2006; чинний від 01.05.2017]. К.: Мінрегіонбуд України, 2017. 37 с. (Державні будівельні норми).
3. Зарубина Л.П. Теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы и технологии. 2-е изд. СПб: БХВ–Петербург, 2012. 416 с.; ил. (Строительство и архитектура).
4. Кербер М.Л., Хозин В.Г. Пенополистирол. Применять можно и нужно. При грамотном применении не опасен. URL: http://portal-energo.ru/articles/details/id/596
5. Національний стандарт України. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель: ДСТУ Б В.2.6-189:2013. [Чинний від 01.01.2014]. К.: Мінрегіон України, 2014. 55 с. (Національний стандарт України).
6. Патент України на корисну модель UA 115636 U, МПК E04C 2/34 (2006.01). Багатошарова стінова панель / О.І. Менейлюк, Л.А. Черепащук; №. u2016 10618; заявл. 21.10.2016; опуб. 25.04.2017. Бюл. № 8/2017.
7. Фетисова М.А., Захаренко А.И. Строительство с использованием несъёмной опалубки нового поколения из пенополистирола. Молодой ученый. 2012. № 5. С. 70–71.