

Дорошенко В.С., Шалевський А.В.

(ФТІМС НАН України, м. Київ)

**ПЕРЕНЕСЕННЯ ДОСВІДУ ВИРОБНИЦТВА МОДЕЛЕЙ З
ПІНОПОЛІСТИРОЛУ НА 3D-ДРУК СТІН З ПОЛІСТИРОЛБЕТОНУ ТА
СЕРІЙНЕ ЛИТТЯ МЕТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ ОПАЛУБКИ**

E-mail: doro55v@gmail.com

Представляючи наукову школу проф. Шинського О.Й. з досвідом багаторічних досліджень і практики виготовлення ливарних разових моделей з пінополістиролу (ППС) для лиття за моделями, що газифікуються (ЛГМ), їх армування, а також виконуючи дослідження з оптимізації 3D-друку ливарних моделей та форм, звернули увагу на перспективний будівельний матеріал полістиролбетон (ПСБ) [1-3] (рис. 1), недавно запатентований спосіб адитивного формування з нього стін 3D-друком одночасно зі спінюванням ППС [2, 3], та запропонували технічне рішення по удосконаленню цього способу.

Основні переваги ПСБ: високі енергозберігаючі характеристики (відсутня потреба у додатковому утепленні), а також матеріал не потребує гідроізоляції. Міцність на стиск у ПСБ не висока (максимум М35), тому будувати з нього будівлі, висотою більше 2 поверхів не слід. Низька паропроникність ПСБ має свої плюси та мінуси [4]. Блоки з нього практично не вбирають воду, тому мають стійкість при переході температури через 0°C. Саме тому морозостійкість у ПСБ дуже висока. А ось «дихати» стіна з пінополістиролу не буде, бо водяній парі пройти крізь нього дуже важко.

Незважаючи на досить високу міцність (для малоповерхового будівництва), блоки з ПСБ досить крихкі. Для уникнення тріщин у стінах та руйнування під панелями перекриття їм потрібний монолітний армований пояс із бетону, виготовлення якого веде до зайвих витрат матеріалів та часу. Нерідко ПСБ має проблеми при оштукатурюванні (погане зчеплення з розчином). Ще один негативний момент – нездатність стін з ПСБ тримати кріплення для полиць та шафок. Оптима-

льна сфера застосування для ПСБ – не капітальні житлові будинки, а господарсько-побутові та технічні споруди [4].

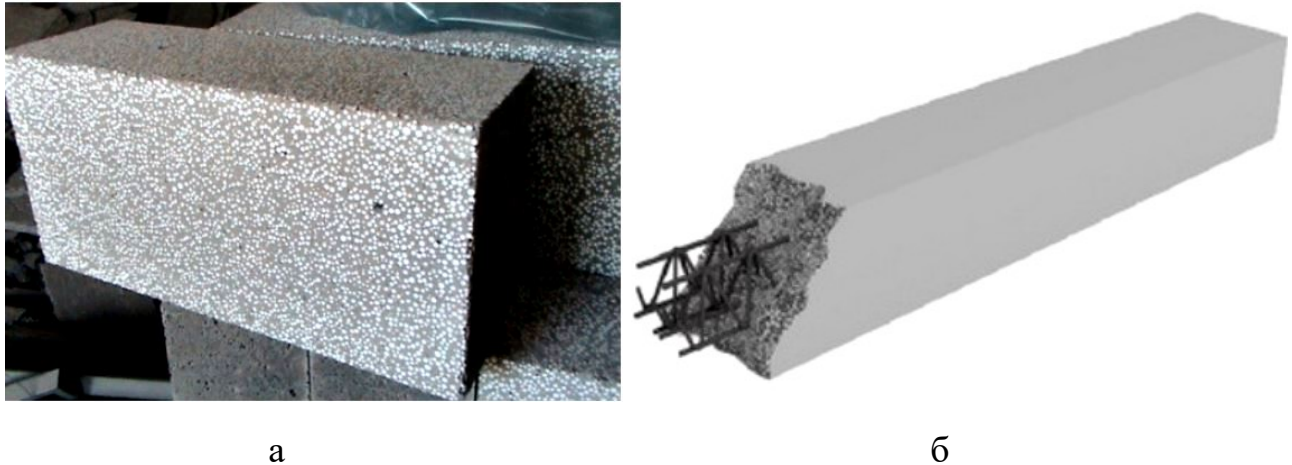


Рис. 1. Приклади ПСБ у вигляді блоку (а) [3] та армованої перемички (б)

Деякі виробники роблять із ПСБ густиною $500 \dots 600 \text{ кг/м}^3$ армовані (металевою арматурою) віконні та дверні перемички різної довжини (від 1,3 до 4,4 метра). Вони виконують відразу дві функції: несучих та теплоізолюючих конструкцій. Самонесуча перемичка виготовляється з армуючим зварним каркасом. При застосуванні в конструкціях будівель збірних стінових блоків з ПСБ, перемичок і плит рекомендується в горизонтальних швах кладок встановлювати штукатурні сітки [1].

Для підвищення продуктивності праці в будівництві створено спосіб виготовлення стін з ПСБ за допомогою 3D-принтера [2, 3]. Цей спосіб включає попереднє підігрівання в'язучого матеріалу в екструдері, подачу цього матеріалу з сопла екструдера для формування конструкційної і теплоізолюючої частини стіни, який відрізняється тим, що в'язучим матеріалом служить ПСБ з неспіненим полістиролом, який через сопло подають на поверхню раніше покладеного шару на всю його ширину, після чого нагрівають електричним струмом, що пронизує його, подається на бічні шпатель-електроди до температури спінювання полістиролу і формується в новий шар за допомогою верхнього притискного шпателя і шпатель-електродів. Цим досягається пошарове виготовлення стін будівель з необхідними теплоізоляційними та конструкційними властивостями. Стіни виконуються

одночасно на всю їх товщину за один прохід друкуючої голівки-екструдера, що видавлює в'язучий матеріал з одного сопла за допомогою однієї системи подачі в'язучого матеріалу, на відміну від раніше відомих способів друку бетонних стін, зокрема (за критикою в способі [2]) складною роботизованою системою автоматизованого будівництва за допомогою 3D-принтера з подачею в'язучого матеріалу з екструдера, який видавлює в'язучий матеріал через три сопла для формування стіни в два етапи. При цьому спочатку з бокових сопел формують одним в'язким матеріалом зовнішню та внутрішню версти стіни. Потім, дочекавшись втрати його плинності, слід заповнити іншим в'язким матеріалом порожнину, що сформувалася між зовнішньою та внутрішньою верстами стіни. В останньому випадку потрібні дві системи різних в'язучих, а також швидке тверднення бічних шарів, щоб утримували бічний тиск середнього шару.

У способі [2] рівномірно розподілені в об'ємі в'язучого матеріалу гранули полістиролу знижують тепловтрати від конструкції в навколишнє середовище, збільшуючи тривалість дії високих температур, що тим самим інтенсифікує наростання міцності бетону. Змінюючи за потребою в рецептурі вміст в'язкого матеріалу, що твердне, та полістиролу, можна збільшувати чи зменшувати теплоізоляційні або конструкційні властивості стіни.

Друкувальна голівка 3D-принтера для друку теплоізолюючих стін із ПСБ на рис. 2 [2] має екструдер 1, обладнаний системою попереднього підігріву 2 в'язучого матеріалу 9 з неспіненими гранулами полістиролу, підключеною до електричної мережі 7, системою подачі 3 в'язучого матеріалу 9 і випускним соплом 4, через яке в'язучий матеріал – ПСБ 9 видавлюється на поверхню раніше відформованого шару ПСБ 11, що втратив рухливість. Ширина випускного сопла 4 дорівнює ширині стіни, що зводиться. До випускного сопла 4 жорстко закріплені бічні шпателі-електроди 5 з технологічними відгинами. Шпателі-електроди 5 за допомогою кабелів 6 підключено до електричної мережі 7. Між шпателями-електродами 5 у верхній частині закріплений притискний шпатель 8, разом вони формують новий шар в'язучого матеріалу 10 з спіненими гранулами полістиролу.

Випускне сопло 4 і шпатель притискний 8 виконуються з електроізоляційного матеріалу.

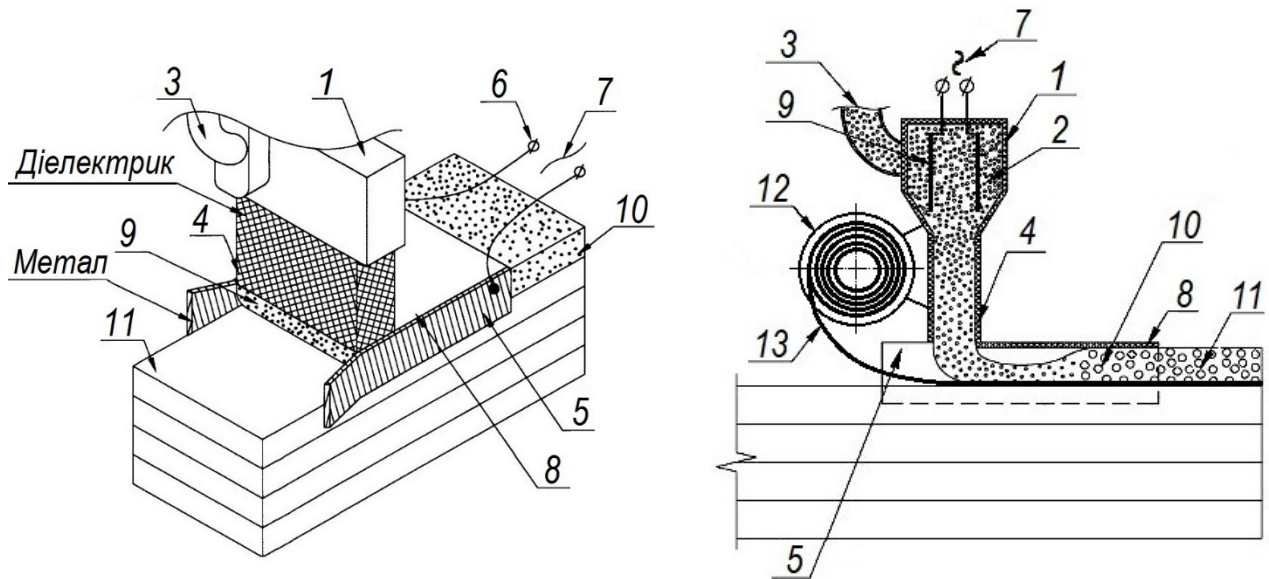


Рис. 2. Схема способу виготовлення стін з ПСБ за допомогою 3D-принтера, види частини пристрою в аксонометрії і розрізі

Наше удосконалення цього способу полягало в запровадженні армування кожного чи окремих шарів, які нарощуються при друкуванні стіни, шляхом установки котушки 12 поряд з друкувальною головкою і подачі з неї неметалевої сітки 13 (базальт, скловолокно, полімер). Таке армування збільшує жорсткість конструкції і бажане для зони кріплення до стіни навісних полиць, стелів тощо. Сітка сприяє паропроникності вдовж своїх прутів. З котушки 12 за потреби можливо прокладання в стіні кабелів, гофрованого рукава чи трубки для електропроводки чи комунікацій, або дроту в ізоляції, виводячи їх за межі стіни в кутках приміщення, щоб уникнути додаткового вирізання каналів у стіні з наступними штукатурними роботами. Для покращення плинності суміші і змочуваності арматури рекомендується добавка в ПСБ поверхнево-активної речовини, наприклад, смоли омиленої деревної (СДО, ТУ 13-0281078-02-93) 0,1...0,3% від маси цементу.

Для виготовлення в стінах з ПСБ армованих металом монолітного поясу з бетону під панелі перекриття, а також перегородок, блоків, плит чи панелей для перекриття застосовують опалубку, металеві деталі кріплення якої налагоджено ви-

готовляти методом ЛГМ з невисокою собівартістю. При цьому сталі гайки для горизонтальних стяжок опалубки, а також вузлові деталі будівельних рамних лісів серійно ллюють, як правило, з литою різьбою від М16 і більшого розміру, що не потребує їх механічної обробки (рис. 3).



Рис. 3. Приклади металевих кріплень з литою різьбою і їх моделей з ППС

Література:

1. Полистиролбетон. Технические условия: ГОСТ 33929-2016. М.: ФГУП Стаидартинформ, 2016. – 20 с. – (Межгосударственный стандарт).
2. Патент 2739244 РФ, МПК: E04B2/02, B33Y30/00, B33Y10/00, B29C64/106. Устройство и способ для изготовления теплоизолирующих стен из полистиролбетона при помощи 3d-принтера. Оpubл. 22.12.2020, Бюл. № 36.
3. Молодин В.В. (Сибстрин): "Идея печати полистиролбетоном появилась три года назад, а шел к ней 30 лет.". URL: <https://additiv-tech.ru/publications/vladimir-viktorovich-molodin-sibstrin-ideya-pechati-polistirolbetonom-poyavilas-tri>
4. Полистиролбетонные блоки: характеристики, плюсы и минусы, размеры и цены. URL: <https://greensector.ru/strojmaterialy/polistirolbetonnye-bloki-kharakteristiki-plyusy-i-minusy-razmery-i-ceny.html>