

Рис. 3

У південній частині блоку в першу чергу підривали поетапно заряди у другому ряду, а слідом у першому. Причому, масу зарядів у другому ряду зменшували на 30-50 %, тоді як у першому залишали паспортною, що разом дало зменшення питомої витрати ВР на 15-25 %. Змінювався і механізм руйнування. У відомій технології коли підривається заряд розташований поряд з укосом уступу, то відображена хвиля від останнього гасить пряму хвилю і зменшує ефективність руйнацій і одночасно втягує породу у переміщення, формуючи значний розвал.

Початкове підривання заряду у другому ряду із значним зменшенням його маси і збільшенням довжини забивки, приводить до збільшення коефіцієнту корисної дії цих зарядів. Додамо до цього, що відбита хвиля в районі далеко розташованої поверхні (перед зарядом першого ряду) не завдає шкоду прямій хвилі в зоні роботи заряду другого ряду, в той же час складає сприятливі передумови для спрацювання заряду першого ряду, бо виконує нехай незначні але попередні руйнації перед першим рядом і долає інерцію масиву, облегшуючи роботу заряду першого ряду.

Після спрацювання першої пари зарядів, починається так робота сусідньої пари у цих рядах і так, поки не скінчаться заряди у двох перших рядах.

Надалі, через значний інтервал сповільнення, починають, так же відпрацьовувати

заряди у наступній парі рядів: четвертому й третьому.

**Висновки.** Запропоновано й відпрацьовано технологію диференційованого енергонасичення гірських порід довела своє право на існування серед інших способів керування дією вибуху.

Ефективність запропонованої технології диференційованого енергонасичення гірських порід буде змінюватись відповідно до умов використання. Подальше набуття досвіду цих робіт дозволить запропонувати виробництву більш детальні рекомендації що до їх застосування.

#### Список літератури

1. Перегудов В.В., Жуков С.А. Теоретические предпосылки и методы ведения БВР в сложных условиях глубоких карьеров / Монография. - ЧП «Издательский дом», Кривой Рог. - С. 40-50.

Рукопис подано до редакції 04.04.12

УДК 691: 692: 620: 624.01

В.В. СУРТАЄВ, О.Ю. КРИВЕНКО, Ю.Ю. КРИВЕНКО кандидати техн. наук, доц. ДВНЗ «Криворізький національний університет»

## СУЧАСНІ КОНСТРУКЦІЇ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖЕНЬ БУДИНКІВ З ПІДВИЩЕНИМ ТЕПЛОЗАХИСТОМ. ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІУРЕТАНУ, ПОЛІУРІЇ, ПІНОПОЛІУРЕТАНОВИХ (PU) І ПОЛІЗОЦІАНУРАТНИХ (PIR) СИСТЕМ, НАПИЛЮВАНИХ ПІНОПЛАСТІВ

Ера необмежених і дешевих енергоресурсів закінчується й виходом із цієї ситуації є енергозбереження. Засто-

сування якісної теплоізоляції в будівництві є запорукою економії енергоресурсів і збереження нормального мікроклімату в приміщеннях. Прогрес у даній галузі також пов'язаний з постійною жорсткістю вимог нормативних актів до теплової захищеності будинків і загальною тенденцією до енергозбереження при будівництві й експлуатації будинків.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Нові вимоги енергоефективності до огорожувальних конструкцій вперше були введені Україною раніше інших країн СНД наказом Держбуду в грудні 1993 р. й підвищуються з квітня 2007 р. відповідно до ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», підтримавши загальну тенденцію підвищення нормативних вимог аналогічно з нормами Росії й Республіки Білорусь [1-5]. Мінімальний нормативний тепловий опір огорожувальних конструкцій у Росії вводився відповідно до вимог СНІП П-3-79\* «Будівельна теплотехніка» [2] у два етапи, перший - з 1 вересня 1995 р. у проєктах і з 1 липня 1996 р. у будівництві, другий - з 1 січня 2000 р. для будівництва, крім будинків висотою до 3 поверхів зі стінами з дрібно штучних матеріалів, реконструкції й капремонту.

У Республіці Білорусь нові національні норми СНБ 2.04.01-97 «Будівельна теплотехніка» [3] вступили в дію з 1 травня 1998 р. і діють дотепер.

Загальну для країн СНД тенденцію підвищення рівня нормативного теплового опору стін і вікон, обумовлено введенням нового ДБН замість попередніх норм, залежить від виду огорожувальної конструкції і наведено в табл. 1 [4].

Із зіставлення попередніх і норм, що вводяться, видно, що перехід на нові норми хоч і не веде до істотних змін конструкції більшості фасадних систем, освоєних виробництвом, однак позначає необхідність підвищення товщини традиційних утеплювачів або застосування інших, альтернативних технологій зниження тепловтрат огорожувальних конструкцій з використанням перспективних теплоізоляційних матеріалів, таких як пінополіуретан (ППУ) і поліурія та ін.

У будівельній промисловості за останні 30 років спостерігається стабільний ріст попиту на технології й матеріали, засновані на хімії поліуретанів.

Пінополіуретан (ППУ) відомий своїми теплотехнічними характеристиками екологічно чистий матеріал, дозволяє скоротити теплові втрати в 3-3,5 рази, порівнянно з традиційними матеріалами, є відмінним гідро- й шумоізолятором. Комплексне застосуванні поліурії (полікарбоніду) також, у ряді випадків, залишається найкращим варіантом, забезпечуючи експлуатацію тепло- й гідрозахисту строком порівняним з використанням будинків і споруд. Пінополіуретан нашпилюється в короткий термін (за одну зміну бригада робітників може обробити до 1000 м<sup>2</sup> поверхні), що дозволяє в короткий термін вирішувати завдання зниження тепловтрат. При ремонті старої покрівлі дозволяє виключити демонтаж і утилізацію, що заощаджує значні засоби й час.

У зв'язку із зазначеним, важливим напрямком вирішення завдання енергозбереження на об'єктах нового будівництва й у процесі робіт зі зниження тепловтрат існуючих будинків, що особливо актуально для України, є використання теплоізоляційних матеріалів, таких як пінополіуретан (ППУ) і поліурія та ін., які будуть розглянуті далі.

Таблиця 1

Зіставлення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій, житлових і цивільних будинків у нормах України

Температурна зона	I			II			III			IV		
	СН иП	ДБН	при-ріст	СН иП	ДБН	при-ріст	СН иП	ДБН	при-ріст	СН иП	ДБН	при-ріст
Зовнішні стіни												
Великопанельні, монолітні з полімерним утеплювачем	2,5	2,8	12 %	2,40	2,5	4 %	2,2	2,2	0%	2,00	2,0	0 %
Великопанельні, монолітні з мінераловатним утеплювачем	2,2	2,8	27 %	2,10	2,5	19 %	1,9	2,2	16 %	1,80	2,0	11 %
Блокові з пористих бетонів	2	2,8	40 %	1,90	2,5	32 %	1,7	2,2	29 %	1,50	2,0	33 %
Блочне з пористим заповнювачем	1,8	2,8	56 %	1,70	2,5	47 %	1,5	2,2	47%	1,30	2,0	54 %

Цегельні, з керам-каменю й дріб-них блоків	2,2	2,8	27 %	2,10	2,5	19 %	1,9	2,2	16 %	1,70	2,0	18 %
Цегельні, з керам-каменю й дріб-них блоків багатошпарині	1,6	2,8	75 %	1,50	2,5	67 %	1,4	2,2	57 %	1,20	2,0	67 %
При реконст-рукції й капремонті	2,2	2,8	27 %	2,10	2,5	19 %	1,9	2,2	16 %	1,70	2,0	18 %
Вікна й балконні двері	0,5	0,6	20 %	0,42	0,56	33 %	0,42	0,5	19 %	0,39	0,45	15 %
Великопанельні, монолітні <sup>3</sup> полімерним утеп-лювачем	2,5	2,8	12 %	2,40	2,5	4 %	2,2	2,2	0 %	2,00	2,0	0 %

Пінополіуретан (ППУ) відомий своїми теплотехнічними характеристиками екологічно чистий матеріал, дозволяє скоротити теплові втрати в 3-3,5 рази, порівнянно з традиційними матеріалами, є відмінним гідро- й шумоізолятором. Комплексне застосування поліурії (полікарбоніду) також, у ряді випадків, залишається найкращим варіантом, забезпечуючи експлуатацію тепло- й гідрозахисту строком порівняним з використанням будинків і споруд. Пінополіуретан нашілюється в короткий термін (за одну зміну бригада робітників може обробити до 1000 м<sup>2</sup> поверхні), що дозволяє в короткий термін вирішувати завдання зниження тепловтрат. При ремонтах старої покрівлі дозволяє виключити демонтаж і утилізацію, що заощаджує значні засоби й час.

У зв'язку із зазначеним, важливим напрямком вирішення завдання енергозбереження на об'єктах нового будівництва й у процесі робіт зі зниження тепловтрат існуючих будинків, що особливо актуально для України, є використання теплоізоляційних матеріалів, таких як пінополіуретан (ППУ) і поліурія та ін., які будуть розглянуті далі.

**Викладення матеріалу й результати досліджень.** Для одержання уявлення про економічну вигідність технології розглянемо переваги використання напилювання пінополіуретану, напилювання поліурії («полікарбоніду»), прикладів: напилювання теплоізоляції «Extrafoam» - пінополіуретанових (PU) і поліізоціануратних (PIR) систем, напилювання типу «Екстраплан», на основі порівняння перерахованих розповсюджених будівельних матеріалів по їхніх теплоізоляційних властивостях і іншим характеристиками.

Напилювання пінополіуретану (ППУ) (рис. 1) використовують для теплоізоляції й гідроізоляції конструкцій цивільних і промислових будинків і споруд (підвалів, стін, стель, підлог, швів), що будуються із цегли, залізобетону, бетону, металу й будь-яких інших будівельних матеріалів; гідроізоляції й теплоізоляції покрівлі, зі створенням теплогідроізоляційного килима із ППУ; ремонті ушкодженої покрівлі нових і старих будинків зі слабкою тепловою ізоляцією; теплоізоляції складських приміщень загального призначення, зерносховищ, овочесховищ; ремонті ушкоджених покрівель старих будинків з недостатньою теплоізоляцією, без демонтажу існуючого покриття, теплоізоляції, гідроізоляції трубопроводів різного призначення, колодязів; теплоізоляції, гідроізоляції дахів.



Рис. 1. Теплоізоляція на основі пінополіуретану (фото)

Використовують також для теплоізоляції, гідроізоляції всіх видів ємностей і резервуарів; теплоізоляції промислових і побутових холодильних камер, ізоtermічних і камер морозильних автофургонів, що дозволяє істотно скоротити витрати споживання електроенергії; герметизації межпанельних стиків будівельних конструкцій, віконних і дверних коробів; теплоізоляції й гідроізоляції залізничних вагонів, морських і річкових судів, яхт, кораблів. При ремонті покрівлі

з використанням пінополіуретану економія бюджету становить 50 %, а часу 80 % [6].

Переваги використання напилювання пінополіуретану (ППУ):

пінополіуретан мінімізує втрати теплоти через стінки будинків;

від підвальних стін і підлог до даху, усуває витік теплоти в приміщеннях через стики будівельних елементів - блоки, панелі, перекриття і т.д.;

дозволяє скоротити витрати при будівництві будинків і споруд, за рахунок зменшення товщини стель, стін, інших будівельних елементів і використати менші обігрівальні котли й радіаторні батареї;

зберігає стіни, стелі від появи грибка й цвілі;

продовжує експлуатаційний строк будинків, виробничих приміщень і тим самим збільшуючи їхню вартість, знижує витрати на їхній ремонт;

збільшує звукоізоляцію стін і перегородок у будинках;

швидко наноситься на ізольовану поверхню;

має високу надійність, низьку теплопровідність й паропроникність;

довговічний і екологічно чистий матеріал - при відсутності механічних руйнувань термін служби пінополіуретану більше 30 років [6]. У табл. 1 наведено дані порівняння пінополіуретану з іншими теплоізоляційними матеріалами.

Таблиця 1

Порівняння ППУ з іншими теплоізоляційними матеріалами

Матеріал	Щільність, кг/м <sup>3</sup>	Робоча температура, °С	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	Ефективний термін служби, год.	Товщина, мм
Пінополіуретан	35-160	-200...+150	0,019-0,035	більше 25	50
Пінополістирол	15-35	-80...+80	0,041	15	80
Мінеральна вата	15-150	-40...+120	0,052-0,058	5	90
Піноблок	250-400	-30...+120	0,145-0,16	10	760
Керамзит	200-250		0,14-0,18	20	1300-1500
Цегла	1000		0,45	Більше 50	1500-1720

Як видно з даних таблиці, пінополіуретан - це високоефективний, технологічний, якісний і унікальний, по своїх характеристиках, теплоізоляційний матеріал.

Напилення поліуретану (полісечовини) застосовують при: нанесення захисного шару покрівлі, у тому числі зверху теплоізоляційного шару з пінополіуретану; захист конструкцій від впливу несприятливих погодних умов - мости, ангари й ін.; облицювання відстійників, бетонних і цегельних ємностей, гребель, резервуарів, земляних відстійників, відстійних ставків, тунелів, ровів, насипів і т.ін.; заміна або ремонт облицювання що вийшло з ладу; покриття трубопроводів, силосних ям, сталевих ємностей і резервуарів (що перебувають на поверхні або заглиблених у ґрунт); створення ємностей і резервуарів для зберігання будь-яких хімічних і токсичних матеріалів і рідин; захисне покриття для будь-яких декоративних конструкцій, таких як раковини, підпірки, статуї, водоспади, дорожні покажчики, труби, пам'ятники, елементів фасадів будинків і т.п.; захист стін, підлог від рідин що викликають корозію (антикорозійна обробка); захисне покриття стель і стін від появи грибка; захисне покриття від зношування дробильних установок, гірничодобувного устаткування, облицювання платформ вантажних автомобілів і кузовів самоскидів; захист (залиття) ємностей і резервуарів на рибальських траулерах від сольового розчину.

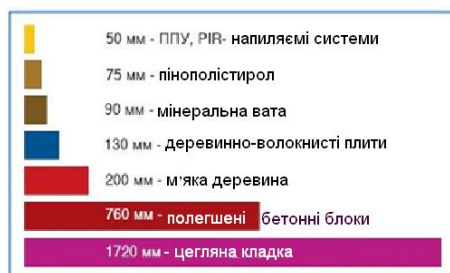


Рис. 2. Товщина шарів різних матеріалів при рівних умовах теплоізоляції

На рис. 2 наведено товщину шарів різних матеріалів при рівних умовах теплоізоляції. Сучасна еластична гідроізоляція також широко використовується для захисту водойм, басейнів, лазні, мостів, тунелів, доріг, паркінга, повітропроводів, колодязів, гаражів, стяжки, підземних приміщень (льохів, гаражів, підвалів, ставків). Наливна проникаюча теплоізоляція застосовується ще для захисту стелі, стін, теплої підлоги, цоколя, цокольного поверху, фасаду житлового будинку. Перевага використання напилювання поліуретану (полікарбоніду) полягає у довговічності експлуатації (на

30 % вище, ніж у традиційних покриттів) [6].

Розглянемо переваги напилювання теплоізоляції пінополіуретану (ППУ) «Elastopor H»: запобігає іскроутворення; вирішує проблеми пов'язані з корозією, гідроізоляцією й зношуванням; має високу стійкість до хімічних реактивів, ультрафіолетовим випромінюванням, солям, кислотам; можливість одержання матеріалу із широким спектром квітів; широкий діапазон робочих температур при нанесенні на ізольовану поверхню; висока термостійкість - витримує експлуатаційні температури до +177 °С; напилювання поліурії («полікарбоміду») не вогнебезпечне і моментально твердіє; порівняно низькі витрати при використанні покриття на основі поліурії («полікарбоміду»); короткі строки нанесення.

На рис. 3 представлено фото напилювання теплоізоляції «Extrafoam».



Рис. 3 «Extrafoam» системи напилення ізоціануратів (PIR) (фото)

Напилювані пінопласти виготовляють із пенополіізоціануратів і пінополіуретанів. Зберігаються й транспортуються у вигляді рідких компонентів - поліізоціанату й полііола. Шар теплоізоляції, на основі напилювання пінопластів (пінополіуретану, поліізоціанурата) утворюється шляхом змішування й напилювання під тиском поліізоціаната й полііола на будь-які будівельні матеріали поза залежністю від їхньої форми й конструкції. При взаємодії цих компонентів відбувається хімічна реакція, у результаті якої нанесений шар перетворюється в піну, що застигає з формуванням пінопласту [6,7].

Для напилювання пінополіуретану (ППУ) використовується спеціалізоване устаткування низького або високого тиску, що дозволяє рівномірно розподіляти й змішувати компоненти системи у вигляді аерозольної рідини, при нанесенні якого формується безшовний ізоляційний шар (теплоізоляція). Ефективність напилювання теплоізоляційного шару (пінополіуретану) істотно перевершує інші матеріали. Для досягнення необхідної товщини теплоізоляції пінополіуретан можна нанести в кілька шарів на будь-яку поверхню (залізобетон, бетон, цегла, деревина, азбоцемент, метал (алюміній, сталь) і т.п.). При напилюванні немає необхідності в додатковому кріпленні теплоізоляції до елементів конструкції.

PIR - піни - пінополіізоціануратні напилювані пінопласти, мають знижену займістість, тому вони є незамінним засобом при високих експлуатаційних вимогах на промислових і індустріальних об'єктах.

Теплоізоляційні напилювані PIR-пінопласти. «Extrafoam TS 22011» - використовується для напилювання на стелі, вертикальні будівельні конструкції, а також на будь-які будівельні вироби, які в процесі експлуатації не піддаються механічним ушкодженням або захищені облицюванням [6, 7]. «Extrafoam TS 22012» - застосовується для напилювання на горизонтальні конструкції й покрівлю. Має властивості що дозволяють витримувати експлуатаційні навантаження припустимі для м'якої покрівлі (див. рис. 3. «Extrafoam» системи напилення ізоціануратів (Фото)) [6, 7].

Пінополіуретани (ППУ) є одними з найпоширеніших на Заході будівельних теплоізоляційних матеріалів. Ці легкі, але досить міцні гідро- і теплоізоляційні матеріали мають дуже низьку теплопровідність 0,023 - 0,04 Вт/(м·°К), малу паропроникність, високою адгезією до паперу, металу, деревини, штукатурки, руберойду й т.ін. Поліуретанова піна утворюється в результаті змішування двох компонентів - ізоціаната й полііола - і через розпилювач наноситься безпосередньо на поверхню що ізолюється, вспінювання триває кілька секунд. За цей час відбувається збільшення в обсязі піни від початку рідкого стану в 30 - 120 разів. Потім піна міцно з'єднується з напиленою поверхнею й протягом декількох хвилин висихає. Безшовний спосіб напилювання, висока адгезія практично до всіх матеріалів, особливості нанесення дозволяють архітекторам проектувати, а будівельникам створювати будинку самих сміливих форм із будь-якими рельєфами, не думаючи про можливі (як при використанні інших матеріалів) складностях при гідро- і теплоізоляції таких споруд [6,7].

Системи напилювання ППУ мають ряд переваг:

одночасна гідроізоляція, матеріал не боїться вологи, тобто не потрібно додаткових шарів пароізоляції;

теплоізоляції й одночасного ущільнення бетонних і інших покрівельних перекриттів;  
можливість нанесення в широкому діапазоні робочих температур поверхні: від -10 до +40 °С;  
мала вага й відсутність навантаження на будівельні конструкції;  
висока адгезія до різних типів поверхні;

напилювання на будь-яку поверхню: покрівля, стіна, перекриття, фундамент і т.ін., у тому числі складної конфігурації;

ідеальна технологія при реконструкції старих будинків.  
 монолітна безшовна поверхня ізоляційного шару;  
 ремонтпридатність;  
 зручність транспортування й зберігання;  
 висока продуктивність;  
 має найнижчий коефіцієнт теплопровідності, при порівняно невеликій товщині;  
 запобігає утворенню корозії;  
 відсутність витрат на додаткові конструкції, немає необхідності в кріпильних елементах;  
 стійкість до механічних навантажень;  
 висока акустична ізоляція;  
 повна відсутність містків холоду;  
 при напилюванні шар виходить цілісним, без стиків, по яких, згодом, може відбуватись руйнування покриття;  
 запобігає утворення конденсату, цвілі й грибка, не руйнується під впливом сезонних коливань, атмосферних опадів, агресивної промислової атмосфери;  
 має високу хімічну стійкість;  
 довговічність покриттів (термін служби до 50 років);  
 самостійного горіння не підтримує;  
 екологічно чистий продукт, що не містить шкідливих для здоров'я елементів, що підтверджує Канадське агентство по захисту навколишнього середовища - Environment Canada (аналог US-EPA - Агентства по захисту навколишнього середовища США);  
 зменшує витрати, пов'язані з обігрівом і охолодженням;  
 зберігає мікроклімат приміщення;  
 біологічна стійкість [6,7].

**Висновки й шляхи подальших досліджень.** Економічні переваги використання напилювання пінополіуретану (ППУ), напилювання поліурії («полі сечовини») і напилювання систем теплоізоляції «Extrafoam», пінополіуретанових (PU) і поліізоціануратних (PI) системи, напилювання типу «Екстраплан», доводять можливості їх широкого застосування у вітчизняному будівництві й промисловості. Вітчизняний науковий і виробничий потенціал відкриває широкі перспективи для досліджень і впровадження технологій даного напрямку.

### Список літератури

1. СНИП 23-02-2003 Тепловая защита зданий. – М.: ФГУП ЦПП, 2004
2. СНиП П-3-79\* «Строительная теплотехника».
3. Строительные нормы Республики Беларусь 265-274 2.04.01-97 «Строительная теплотехника».
4. ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель».
5. Осипов Г.Л., Матросов Ю.А. Стратегия устойчивого развития строительного комплекса России. – Реконструкция жилья. Вып. 8, 2007. – К., УкрНИИпроектреконструкция. - С. 265-274.
6. Напыляемая полимочевина «Экстраплан» Пенополиуретан, напыление пенополиуретана (ППУ), напыление полиурии (полимочевина), гидроизоляция, теплоизоляция, шумоизоляция (звукоизоляция), пароизоляция пенополиуретаном от МКП СНИП 23-02-2003 Тепловая защита зданий. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.
7. История полимочевинны Центр Полимерных Технологий: <http://www.cmtu.com.ua/istoryia-polimocheviny.html>.

Рукопис подано до редакції 04.04.12

УДК 621.318.13

С.Т. ТОЛМАЧЕВ, д-р техн. наук, проф., А.В. ИЛЬЧЕНКО, канд. техн. наук, доц.,  
 В.А. ВЛАСЕНКО, ассистент, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

### ИНТЕГРАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА КВАЗИСТАЦИОНАРНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В МАГНИТНОПРОВОДЯЩИХ СРЕДАХ

Для магнитопроводящих сред, расположенных в ограниченном пространстве, получена система двух интегральных уравнений относительно естественных вторичных источников поля - векторов намагниченности среды и плотности вихревых токов - при синусоидальном законе изменения первичного поля. На основе этих уравнений построены расчетные выражения, составляющие основу предложенной математической модели.

**Актуальность работы.** Исследование квазистационарных электромагнитных полей занимает видное место в теоретической и прикладной электротехнике [1-6]. Реализация этих