

АНАЛІЗ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОНОЛІТНОГО ПЕРЕКРИТТЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГУМОВОЇ КРИХТИ, ЯК КОНСТРУКТИВНОГО ШАРУ**Попов О. О.**, к.т.н., доцент,

oleg.a.popov@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4021-5199

Гострик А. М., аспірант,

anna.gostryk16@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1638-0912

*Одеська державна академія будівництва та архітектури***Crnoja Anđelko**, аспірант,*University North (Хорватія)*

crnoja.doo@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9557-9411

Анотація. Стаття присвячена аналізу теплоізоляційних властивостей гумової крихти, як конструктивного шару монолітного перекриття із застосуванням самоущільнюючого бетону. Розглянуто способи отримання і спектр її застосування в сучасній промисловості. На підставі літературних джерел проведено аналіз впливу гумової крихти на властивості бетонної суміші такі як щільність, міцність, пластичність, опір ударній енергії, деформативність, усадка, стирання, морозостійкість, водопоглинання, пористість, тепло- і звукоізоляція. Виконано теплотехнічний розрахунок монолітного міжповерхового перекриття житлового будинку з використанням гумової крихти в якості теплоізоляційного шару. Зроблено висновок про ефективність і доцільність застосування матеріалів з гумової крихти в якості теплоізоляції.

Ключові слова: теплотехнічний розрахунок, гумава крихта, монолітне перекриття, теплоізоляція.

Введення. В останні роки в багатьох країнах велика увага приділяється проблемі використання відходів виробництва і споживання, в тому числі зношених шин, які є одним з найбільш багатотоннажних полімерних відходів.

Екологічний аспект проблеми полягає в тому, що зношені шини, які накопичилися в місцях їх експлуатації вивозяться на сміттєзвалища та забруднюють навколишнє середовище внаслідок високої стійкості до впливу зовнішніх факторів (сонячного світла, кисню, озону, вологи). При цьому відбувається відчуження земель і забруднення ґрунту та води. Навіть якщо гума не експлуатується, вона виділяє певну кількість хімічних речовин. У гумового пилю міститься більше канцерогенних речовин, ніж у вихлопних газах двигунів. Зношені шини вогнебезпечні і в разі загоряння потушити їх досить важко, а при горінні у повітря викидаються шкідливі продукти згоряння і в тому числі канцерогени, такі як діоксиди, бензпірен, фурані, поліароматичні вуглеводи, яких в шинах виявлено до 15 сполук [1].

Гумава крихта – сукупність часток подрібненої гуми різної дисперсності і різної форми, яким характерно, перш за все, збереження в своїй основі молекулярної структури і еластомірних властивостей вихідного матеріалу – гуми [2].

Усі відомі технології подрібнення можна умовно розділити на дві групи [3]:

– подрібнення при позитивних температурах;

– подрібнення криогенним способом з використанням в якості холодоагентів рідкого азоту або холодного повітря.

Подрібнення при позитивних температурах або механічне подрібнення вважається одним з найефективніших способів отримання гумової крихти.

При подрібненні, що проходить в 3-5 етапів, зберігаються всі молекулярні властивості початкового матеріалу, що дозволяє отримати виріб високої якості. На першому етапі проводиться грубе дроблення покриттів, внаслідок якого отримують шматки гуми розміром 10-50 мм, досягається максимальна насипна щільність розрізаної гуми. На наступній стадії

отримують гранулят з розміром частинок 3-10 мм. Далі гумову крихту відокремлюють від сторонніх включень за допомогою вібраційних сит і магнітних або повітряних сепараторів (рис.1).



Рис. 1. Процес виготовлення гумової крихти шляхом подрібнення покришок

Криогенний процес дозволяє успішно розділяти композит покришки на складові компоненти – гуму, метал і текстиль. Однак, для охолодження гуми потрібно або дорогий азот, або досить дорога і енергоємна система отримання та очищення холодного повітря, спеціальна холодильна камера для заморозки шматків покришки, що істотно підвищує вартість установки, експлуатаційні витрати і, як наслідок, собівартість одержуваної крихти. Крім того, в результаті подрібнення при низьких температурах крихта набуває гладку поверхню, що погіршує її сумісність з іншими полімерами.

Спектр використання гумової крихти досить широкий. Залежно від фракції її застосовують [4]:

- порошкоподібну гумову крихту з розмірами частинок від 0,2 до 0,45 мм використовують як добавки в гумові суміші для виготовлення нових автомобільних покришок, масивних шин та інших гумотехнічних виробів;

- в гумові суміші для кілець ущільнювачів, манжет і прокладок і т. д. допускається введення до 30 мас. ч. гумової крихти з розміром частинок до 0,5 мм;

- частинки менш 0,63 мм застосовують для модифікації бітуму, отримання гідроізоляційних мастик різного призначення, виробництва гальмівних колодок, гумополімерних композицій;

- за допомогою гумової крихти розміром від 0,63 мм до 1 мм підвищують якість дорожнього бітуму. Така крихта також використовується в якості сорбенту для тампонування нафтових свердловин;

- для фірмових двошарових елементів покриттів спортивних майданчиків, бігових доріжок, стадіонів і т.д. рекомендується гумова суміш з розміром частинок менше 2 мм. Також таку гумову крихту використовують для фірмових елементів покриття підлог в гальванічних цехах, в цехах, що працюють з агресивними середовищами, в якості наповнювача боксерських груш, виробництва гумової плитки, бордюрів, гумових ступенів, вхідних килимків (рис. 2);

– від 2 мм до 5 мм – засипка футбольних полів зі штучною травою, покриття на дитячих майданчиках, набивка спортінвентарю, виробництво спортивних покриттів (рис.3).



Рис. 2. Застосування гумової крихти для виробництва бордюрів



Рис. 3. Застосування гумової крихти для покриття дитячих майданчиків

До досить великого списку вторинного використання перероблених в гумову крихту автомобільних шин можна додати застосування її в галузі дорожнього господарства, а саме, виготовлення із спресованої крихти елементів для системи дорожнього огородження [5].

Одним з перспективних видів переробки є використання гуми у вигляді дисперсних матеріалів. Зокрема, використання гумової крихти в будівництві шляхом додавання гумових дисперсій до складу бетону [5].

Постановка проблеми. Незважаючи на важливість наявності теплоізоляційних властивостей в конструкції перекриття, властивості гумової крихти, як теплоізоляційного конструктивного шару в міжповерховому перекритті досліджені недостатньо.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Уже понад 10 років ведуться різні дослідження, в ході яких були виявлені наступні зміни механічних характеристик бетону з гумовою крихтою:

- включення гуми в суміш знижує щільність. Цей параметр зменшується зі збільшенням вмісту гумового піску;
- включення гуми в суміш знижує механічну міцність. Скорочення міцності відбувається зі збільшенням вмісту гумової крихти;
- включення гумової крихти в суміш, при рівні заміщення до 50%, покращує опір ударній енергії, при рівні заміщення до 20% показує покращену поведінку при впливі динамічного навантаження;
- включення гумової дисперсії в суміш збільшує пластичність і здатність до деформації;
- включення гуми в бетонну матрицю збільшує усадку, значення усадки збільшується зі збільшенням вмісту гумової крихти;

- гумовий заповнювач збільшує стійкість бетону до стирання, якщо використовувати відповідний зміст гумової крихти і відповідне В/Ц відношення;
- включення 5% гумового піску в бетоні призводить до антисульфатної стійкості бетону. Більше 10% гумової крихти в складі суміші збільшує втрату маси арматури;
- включення гуми в суміші збільшує відсоток водопоглинання і пористості;
- гумова крихта знижує опір карбонізації бетону;
- включення гумової крихти до суміші збільшує показники теплоізоляції, звукопоглинання, поглинання енергії та електричного опору. Ці властивості зростають зі збільшенням вмісту гуми. З іншого боку, включення гумової крихти в суміші знижує її вогнестійкість та міцність;
- включення гуми в цементну матрицю показує більш високий опір розтріскування і збільшує час розтріскування.

Як видно, додавання гумової крихти сприятливо позначається на характеристиках бетону, хоч і, вельми серйозно, знижує механічну міцність [6, 7].

Мета та завдання. Метою даної статті є аналіз теплоізоляційних властивостей гумової крихти шляхом виконання теплотехнічного розрахунку. Завдання полягає в дослідженні ефективності та доцільності використання гумової крихти, як додаткового шару теплоізоляції в конструкції міжповерхового монолітного перекриття.

Матеріали та методика дослідження. Матеріалом дослідження є гумова крихта в конструкції монолітного перекриття. В дослідженні застосовано чисельний метод.

Результати досліджень. Теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожувальних конструкцій цивільних та промислових будівель здійснюється згідно з вказівками ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [8]. Об'єкт, що взято за приклад для розрахунку розташований у м. Одесі – перша температурна зона України.

Розрахункові параметри для покриття згідно з вищевказаним нормативним документом стосовно м. Одеса:

- температура зовнішнього повітря = -18С;
- температура внутрішнього повітря = 20 С;
- відносна вологість внутрішнього повітря = 55%;
- вологісний режим приміщення – нормальний;
- умови експлуатації матеріалу огороження – Б.

Характеристики шарів, що формують конструкцію міжповерхового перекриття будівлі наведено в табл.1.

Таблиця 1 – Конструктивні шари міжповерхового перекриття

№ Шар	Найменування матеріалу шару	Щільність, ρ_0 , кг/м ³	Товщина шару δ , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_0 , Вт/(м ⁰ С)
1.	Монолітна з/б плита	2500	0,20	1,94
2.	Клеєна гумова крихта	1000	0,04	0,074
3.	Цементно-піщана стяжка з самоущільнюючого бетону	1600	0,03	0,07
4.	Ходові дошки	500	0,03	0,14

Необхідним є виконання умови $R_{np} \geq R_{q \min}$.

1. Розрахунковий опір теплопередачі перекриття визначається за формулою (1):

$$R_{np} = \frac{1}{\alpha_6} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,20}{1,94} + \frac{0,04}{0,074} + \frac{0,03}{0,07} + \frac{0,03}{0,014} + \frac{1}{12} = 3,39 \frac{m^2 \cdot C}{Bm} \quad (1)$$

де: α_6 – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкції, $\alpha_6 = 8,7$ Вт/(м²·°С);

α_3 – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні конструкції, $\alpha_3 = 12$ Вт/(м²·°С);

δ – товщина шару, м;

λ – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу і-го шару розрахункової конструкції, що приймається залежно від вологісних умов експлуатації, Вт/(м²·°C).

Розрахунковий опір теплопередачі огорожувальної конструкції $R_{np}=4,33$ м²·°C/Вт і є недостатнім, оскільки нормований опір теплопередачі перекриття для м. Одеса становить $R_{q\ min}=4,5$ м²·°C/Вт.

Оскільки умова $R_{np} \geq R_{q\ min}$ не виконується, конструкція перекриття не відповідає нормативним вимогам ДБН В2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» з економічно доцільного опору теплопередачі.

2. Забезпечити нормативне значення опору теплопередачі можливо шляхом збільшення товщини клеєної гумової крихти, необхідна товщина якої визначається за формулою (2):

$$\delta_2 = \left(R_{q\ min} - \frac{1}{\alpha_6} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} - \frac{\delta_4}{\lambda_4} - \frac{1}{\alpha_3} \right) \lambda_2 = \left(4,5 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,20}{1,94} - \frac{0,03}{0,07} - \frac{0,03}{0,014} - \frac{1}{12} \right) 0,074 = 0,12\text{ м} \quad (2)$$

3. З урахуванням нової товщини утеплювача опір теплопередачі перекриття складатиме за формулою (3):

$$R_{np} = \frac{1}{\alpha_6} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,20}{1,94} + \frac{0,12}{0,074} + \frac{0,03}{0,07} + \frac{0,03}{0,014} + \frac{1}{12} = 4,49 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \quad (3)$$

Висновки і перспективи подальших досліджень.

Властивості гумової крихти дозволяють використовувати її як теплоізоляційний конструктивний шар в міжповерховому перекритті. При цьому умова $R_{np} \geq R_{q\ min}$, яка регламентується ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель», виконується за умови застосування шару клеєної гумової крихти, як теплоізоляційного конструктивного шару в міжповерховому перекритті, не менш як 0,12м. Однак, застосування шару клеєної гумової крихти такою товщиною не є економічно доцільним, оскільки призводить до зростання вартості квадратного метра площі приміщень, зменшення корисного об'єму та збільшення трудомісткості і тривалості влаштування.

Тому в подальшому актуальною задачею є вирішення підвищення теплоізоляційних властивостей шляхом додавання гумової крихти безпосередньо до складу бетонної суміші на стадії замішування.

Література

1. Печенкин И.Э. Экологические аспекты применения резиновой крошки / И. Э. Печенкин, И.В. Овчинкин, А.В. Карпенко // Современные научные исследования и разработки, 2017. – № 6 (14) – С. 257 – 260.
2. Пермяков М.Б. Процессы получения резиновой крошки и ее применение в системе ограждения / М.Б. Пермяков, К.А. Пивоварова, В.Ю. Домнин // Вестник науки и образования, 2016. – № 9 (21) – С. 28 – 31.
3. Трофимова Г.М. Влияние измельчения на структуру резиновой крошки / Г.М. Трофимова, Д.Д. Новиков, Л.В. Компаниец и др. // Высокомолекулярные соединения, 2000. – Т. 42. – №7. – С. 1238 – 1245.
4. Разгон Д.Р. Вторичное использование и переработка изношенных шин [Электронный ресурс] / Д.Р. Разгон // Новые химические технологии. – 2004. – Режим доступа до ресурсу: http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=932.
5. Chernyshova E.P. Architectural town-planning factor and color environment / E.P. Chernyshova, M.B. Permyakov // World applied sciences journal, 2013. – № 27 (4) – P. 437-443.
6. Вдовин А.А. Способы улучшения эффективности использования резиновой крошки в качестве мелкого заполнителя в бетоне / А.А. Вдовин, С.А. Поторочина // Интеграционные процессы в науке в современных условиях, 2017. – Ч.3 – С. 20 – 23.
7. Nahla Naji Hilal. Hardened properties of self-compacting concrete with different crumb rubber size and content / Hilal Nahla Naji // International Journal of Sustainable Built Environment, 2017. – №6 – P.191-206.

8. Теплова ізоляція будівель : ДБН В2.6-31:2016. – [Чинний від 2016–07–08]. – К : Мінрегіонбуд України, 2017. – 33 с. – (Національний стандарт України).

References

1. Pechenkin I.E., Ovchinkin I.V., Karpenko A.V. Ekologicheskie aspekty primeneniya rezinovoj kroshki. *Sovremennyye nauchnyie issledovaniya i razrabotki*, no 6(14), pp. 1-7, 2015.
2. Permyakov M.B., Pivovarova K.A., Domnin V.Yu. Protsessyi polucheniya rezinovoj kroshki i ee primeneniye v sisteme ogražhdeniya. *Vestnik nauki i obrazovaniya*, no 9 (21), pp. 28-31, 2016.
3. Trofimova G.M., Novikov D.D., Kompaniec L.V. i dr. Vliyanie izmel'cheniya na strukturu rezinovoj kroshki. *Visokomolekulyarnye soedineniya*, vol. 42, no 7, pp. 1238-1245, 2000.
4. Razgon D.R. Vtorichnoe ispolzovanie i pererabotka iznoshennyih shin. *Novyye himicheskie tehnologii*. [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=932.
5. Chernyshova E.P., Permyakov M.B. Architectural town-planning factor and color environment. *World applied sciences journal*, no 27 (4), pp. 437-443, 2013.
6. Vdovin A.A., Potorochina S.A. Sposoby uluchsheniya ehffektivnosti ispol'zovaniya rezinovoj kroshki v kachestve melkogo zapolnitelya v betone. *Integracionnyye processy v nauke v sovremennyh usloviyah*, vol. 3, pp. 20-23, 2017.
7. Hilal Nahla Naji. Hardened properties of self-compacting concrete with different crumb rubber size and content *International Journal of Sustainable Built Environment*, no 6, pp. 191-206, 2017.
8. ДБН В2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель [Чинний від 2016–07–08]. К, Мінрегіонбуд України, 2017.

АНАЛИЗ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ МОНОЛИТНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ, КАК КОНСТРУКТИВНОГО СЛОЯ

Попов О. А., к.т.н., доцент,
oleg.a.popov@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4021-5199

Гострик А. Н., аспирант,
anna.gostryk16@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1638-0912

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Crnoja Andelko, аспирант,
University North (Хорватия)
crnoja.doo@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9557-9411

Аннотация. Проблема загрязнения окружающей среды является важной и актуальной во всем мире. Основная причина загрязнения – ресурсоемкие технологии переработки и использования сырья, которые приводят к огромному накоплению отходов и необходимости их утилизации. Одним из таких производственных отходов является резиновая крошка, которая обладает высокими прочностными, теплоизоляционными, звукоизоляционными и другими характеристиками. В данной статье рассмотрено целесообразность использования резиновой крошки в решении проблемы повышения теплоизоляционных свойств монолитных междуэтажных перекрытий с применением самоуплотняющегося бетона.

Статья посвящена анализу теплоизоляционных свойств монолитного междуэтажного перекрытия с применением клееной резиновой крошки и самоуплотняющегося бетона, как отдельных конструктивных слоев.

На основании литературных источников проведен анализ влияния резиновой крошки на свойства бетонной смеси, такие как плотность, прочность, пластичность, сопротивление ударной энергии, деформативность, усадка, стирание, морозостойкость, водопоглощение, пористость, тепло- и звукоизоляция. Рассмотрены способы получения и спектр её применения в современной промышленности.

Для оценки влияния использования резиновой крошки в качестве теплоизоляционного

слоя был выполнен теплотехнический расчет. В примере расчета было рассмотрено монолитное междуэтажное перекрытие жилого здания в г. Одесса. В исследовании применен численный метод.

Сделан вывод об эффективности и целесообразности применения материалов из резиновой крошки в качестве теплоизоляции. Необходимый минимальный показатель теплоизоляции, который регламентируется нормативными документами, выполняется при условии применения слоя клееной резиновой крошки, толщиной не менее 0,14 м. Такой результат является нецелесообразным ввиду уменьшения полезного объема помещений. Поэтому актуальным является дальнейшее исследование влияния резиновой крошки на теплоизоляционные свойства при использовании её непосредственно в составе бетонной смеси.

Ключевые слова: теплотехнический расчет, резиновая крошка, монолитное перекрытие, теплоизоляция.

**ANALYSIS OF HEAT-INSULATING PROPERTIES OF RUBBER CRUMB
AS A CONSTRUCTIVE LAYER OF MONOLITHIC CONVERSION FROM
SELF-COMPACTING CONCRETE**

Popov O., PhD., Assistant Professor,
oleg.a.popov@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4021-5199

Hostryk A., postgraduate student,
anna.gostryk16@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1638-0912
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

Crnoja Anđelko, postgraduate student,
University North (Croatia)
crnoja.doo@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9557-9411

Abstract. The problem of environmental pollution is important and relevant throughout the world. The main cause of pollution is resource-intensive technologies of processing and use of raw materials, which lead to a huge accumulation of waste and the need for their disposal. One of such production waste is rubber crumb, which has high strength, thermal insulation, sound insulation and other characteristics. This article considers the expediency of using the rubber crumb in solving problem of the increasing of the thermal insulation properties of monolithic interfloor overlap using self-compacting concrete.

The article is devoted to the analysis of the insulating properties of monolithic interfloor overlap with the using of glued rubber crumb and self-compacting concrete, as separate structural layers.

Based on literature sources, the effect of rubber chips on the such properties of a concrete mixture as density, strength, ductility, shock energy resistance, deformability, shrinkage, abrasion, frost resistance, water absorption, porosity, heat and sound insulation is analyzed. The methods of production and the range of its application in modern industry are considered.

To assess the impact of the using of rubber crumb as a thermal insulation layer, the heat engineering calculation was performed. In the calculation example a monolithic interfloor overlap of a residential building in Odessa was considered. The study used a numerical method.

The conclusion about the effectiveness and feasibility of using rubber crumb materials as thermal insulation is made. The required minimum indicator of thermal insulation, which is regulated by regulatory documents, is carried out with the use of a layer of glued rubber crumb with a thickness of at least 0.14 m. This result is inappropriate because of the reduction in the useful volume of the premises. Therefore, it is relevant to further study the effect of crumb rubber on the insulating properties directly in the concrete mix.

Keywords: heat-technical calculation, rubber crumb, monolithic overlap, thermal insulation.

Стаття надійшла 19.12.2018