

УДК 624.023/.023.943

[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-4\(4\)-175-182](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-4(4)-175-182)

Шевченко Анна Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, Український державний університет залізничного транспорту, 61050, м. Харків майдан Фейербаха 7, тел.: (057) 730-19-56, <https://orcid.org/0000-0001-6276-9761>

Муригіна Надія Олександрівна, асистент, Український державний університет залізничного транспорту, 61050, м. Харків майдан Фейербаха 7, тел.: (057) 730-10-59, <https://orcid.org/0000-0001-8843-285X>

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ДИСПЕРСНО-АРМОВАНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ПРОКЛАДНОГО ШАРУ БЕЗБАЛАСТНОГО МОСТОВОГО ПОЛОТНА

Анотація. У зв'язку з великим зносом штучних споруд виникає нагальна потреба у реконструкції, оновленні та поточному утриманні інфраструктури промисловості та шляхів сполучення. Для цього доцільно та раціонально використовувати сучасні технології та матеріали, що допомагають поліпшити несучі здібності конструкції без суттєвого збільшення розмірів існуючого устаткування. У статті розглянуті питання проектування, моделювання та обчислення можливостей елементів конструкцій мостів, переходів, труб, гребель та іншої інфраструктури народного господарства та шляхів сполучення. Розроблено зразки для експериментальних досліджень з використанням нетканого матеріалу об'ємної структури, що відомий під назвами синтепон, ватин, холофайбер (низькі густина і теплопровідність; висока міцність та еластичність (гнучкість і здатність до повільних зворотних деформацій); низька гігроскопічність; біологічна стійкість; безпечність для людей і тварин). Також у зразках використовується термостійкий бетон, що розширює можливості використання даного виробу у широкому колі. В залежності від умов використання, у поєднанні нетканого матеріалу об'ємної структури з бетоном дає можливість використовувати в спорудах, як ізоляція та утеплення; злітно-посадові смуги аеродромів; мости та труби; водоскиди гребель; автомобільні траси та облицювання доріг, тротуарів, покриттів, у тому числі захисних; гірництво; інженерні споруди стічних систем та трубопроводів; каналізаційні системи; облицювання висотних місць, що потребують стійкості проти корозії; промислові котли; споруди, які потребують запуску в роботу в гранично короткі терміни; сходи; перемички і балки; відстійники; застосування в суміші; ремонтні роботи; зміцнення і фіксації; попередження течі, проникнення води; заповнення порожнеч



між стіною і дверима чи вікнами, для дзеркальних опор. І це не повний перелік використання даного матеріалу. Також виконується моделювання та підбір параметрів для більш точного опису експериментальної конструкції та навантаження. Цей процес ще триває та потребує багато уваги та часу, знань та досвіду. Використовуються для цього відомі програмні комплекси ANSYS— це універсальна програмна система кінцево-елементного проектування. А також розглядається варіант розробки математичної моделі з подальшим моделюванням навантажень та взаємозв'язків даних зразків у Лірі.

Ключові слова: елементи штучної споруди, комплексне моделювання, синтепон, різновиди синтепону, галузі застосування синтепону, нетканий матеріал об'ємної структури.

Shevchenko Anna Oleksandrivna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Ukrainian State University of Railway Transport, 61050, Kharkiv, Feuerbach Square 7, tel.: (057) 730-19-56, <https://orcid.org/0000-0001-6276-9761>

Murygina Nadiya Oleksandrivna, Assistant, Ukrainian State University of Railway Transport, 61050, Kharkiv, Feuerbach Square 7, tel.: (057) 730-10-59, <https://orcid.org/0000-0001-8843-285X>

MODELING OF WORK OF DISPERSED-REINFORCED MATERIAL FOR LAYING LAYER OF BALAST-FREE BRIDGE CANVAS

Abstract. Due to the great demolition of artificial structures, there is an urgent need for reconstruction, renovation and maintenance of industrial infrastructure and roads. To do this, it is advisable and rational to use modern technologies and materials that help improve the load-bearing capacity of the structure without significantly increasing the size of existing equipment. The article considers the issues of designing, modeling and calculating the capabilities of structural elements of bridges, crossings, pipes, dams and other infrastructure of the national economy and roads. Samples have been developed for experimental studies using a non-woven material of three-dimensional structure, known as synthetic winterizer, batting, holofiber (low density and thermal conductivity; high strength and elasticity (flexibility and ability to slow back deformation); low hygroscopicity; biological stability; safety for humans and animals). The samples also use heat-resistant concrete, which expands the possibilities of using this product in a wide range. Depending on the conditions of use, the combination of non-woven material of three-dimensional structure with concrete makes it possible to use in buildings as insulation and insulation; airfield runways; bridges and pipes; dam spills; highways and cladding of roads, sidewalks, pavements, including protective; mining; engineering structures of sewage systems and pipelines; sewer systems; cladding of high-altitude

places that require resistance to corrosion; industrial boilers; facilities that require commissioning in the shortest possible time; stairs; jumpers and beams; settling tanks; use in a mixture; repairs; strengthening and fixing; leak prevention, water penetration; filling gaps between the wall and doors or windows, for mirror supports. And this is not a complete list of uses for this material. Modeling and selection of parameters for a more accurate description of the experimental design and load is also performed. This process is still ongoing and requires a lot of attention and time, knowledge and experience. The well-known ANSYS – software packages are used for this purpose. It is a universal software system of finite element design. Also, the option of developing a mathematical model with subsequent modeling of downloads and relationships of these samples in Leary is considered.

Keywords: elements of artificial construction, complex modeling, synthetic winterizer, types of synthetic winterizer, areas of application of synthetic winterizer, non-woven material of three-dimensional structure.

Постановка проблеми. Впродовж останніх 20 років в Україні збільшилися проблеми утримання та капітального ремонту мостового полотна, що пов'язані із збільшенням поточного і загального навантаження, конструкцією, терміном експлуатації та недостатнім поточним утриманням елементів і конструкції у цілому. Виходячи з цього виникає необхідність у більш детальному вивченні, аналізі та всебічному обґрунтуванні кожної штучної споруди шляхів сполучення, етапів та можливості підсилення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливі аспекти формування та розвитку цієї теми опубліковано низку наукових статей українськими ученими як Костюк Т.А., Пługін А.А., Арутюнов В.А., Партала Н.М., Суханова Ю.А. та ще багато дослідників.

Мета статті – дослідження можливості моделювання сумісної роботи дисперсно-армованого матеріалу для прокладного шару безбаластного мостового полотна у програмному комплексі ANSYS.

Виклад основного матеріалу. Останні новини та новітні розробки у галузі будівництва та реконструкції, активне впровадження сучасних матеріалів та аналізу їх сумісної роботи у програмних комплексах, дали можливість на етапі проектування змодельовати роботу кожного елемента із заданими фізико-механічними властивостями, так і цілої споруди з можливістю корегування.

На сьогоднішній день використовується велика кількість різних штучних матеріалів. Тому далі розглянемо можливість моделювання роботи гідроізоляційних композиційних матеріалів у прокладному шарі безбаластного мостового полотна.

Для армування гідроізоляційних композиційних матеріалів у [1 – 3] застосовано нетканий матеріал об'ємної структури – НМОС. Метою його застосування були забезпечення можливості улаштування гідроізоляції як обклеювальної ізоляції так і підвищення стійкості до осадкового тріщиноутворення.

Оскільки для прокладного шару висуваються підвищені вимоги до фізико-механічних властивостей, проаналізуємо структуру та властивості НМОС.



НМОС широко відомий під назвою синтепон. За інформацією з відкритих джерел Internet [4 – 5] синтепон – це неткане просторове полотно з анізотрично орієнтованих синтетичних волокон.

Найбільш масова галузь застосування синтепону – це легка промисловість (для утеплення одягу, ковдр, набивання подушок), меблева промисловість (для підповерхневого шару оббивки м'яких меблів), будівництво та реконструкція (для теплоізоляції приміщень).

Переваги синтепону, що визначили його призначення:

- низькі густина і теплопровідність;
- висока міцність та еластичність (гнучкість і здатність до повільних зворотних деформацій);
- низька гігроскопічність;
- біологічна стійкість;
- безпечність для людей і тварин.

Для синтепону застосовують поліефірні волокна. Волокна можуть бути із вторинної сировини.

За способом отримання із волокон синтепон є:

- голкопробивний – отриманий прошиванням полотна;
- каландровий – клейовий (зі склеюванням волокон);
- термоскріплений (зі спіканням волокон).

Різновиди та модифікації синтепону за матеріалом волокон та способом отримання:

- синтетичний ватин – з додаванням натуральної бавовни;
- вовнопон – з додаванням натуральної вовни;
- холофайбер – із трубчастих (за деякими джерелами хвилястих) волокон;
- синтепласт – термоскріплений синтепон з додаванням силікону.

Основна номенклатура типорозмірів синтепону, наявного на ринку, наведена у таблиці 1.

Таблиця 1 – Основна номенклатура синтепону, наявна на ринку

Густина, г/м ²	Товщина, мм	Довжина, м	Ширина, мм
80	5	70	800; 1500; 2200
100	9–10		
150	13–15	40	
200	18	30	
300	30	20	
400	40	15	

Стандартів на рівні національних на синтепон будь-якого призначення не виявлено. Технічних умов на синтепон у відкритому доступі також не виявлено.

Аналіз викладеного показав, що з усієї номенклатури синтепонів для виготовлення композиційного матеріалу для прокладного шару будівельно-монтажних покриттів непридатними є: голкопробивний синтепон та синтепласт –

через утрудненість їх рівномірного заповнення мінеральним в'язучим і заповнювачем; синтетичний ватин та вовнопон – через очевидну недостатню біостійкість для терміну експлуатації десятки років; холофайбер – через очевидну меншу міцність трубчастих волокон. Придатним можна вважати звичайний клейовий або термоскріплений синтепон, хоча необхідно враховувати (дослідити), що клеї можуть впливати на твердіння мінеральної в'язучої речовини, а спікання волокон – зменшувати їх переріз, а, отже міцність.

Раціональною товщиною НМОС для композиційного матеріалу, за якої можливо забезпечити його рівномірне заповнення мінеральним в'язучим і заповнювачем, можна вважати 20–40, в середньому 30 мм (густину 200–400, в середньому 300 г/м²). Проте раціональна товщина синтепону має бути опрацьована у лабораторних умовах та змодельована у програмних комплексах.

У поєднанні з НМОС будемо використовувати термостійкий цемент. Завдяки чому розширимо сферу використання даного дослідження. Область застосування термостійкого цементу:

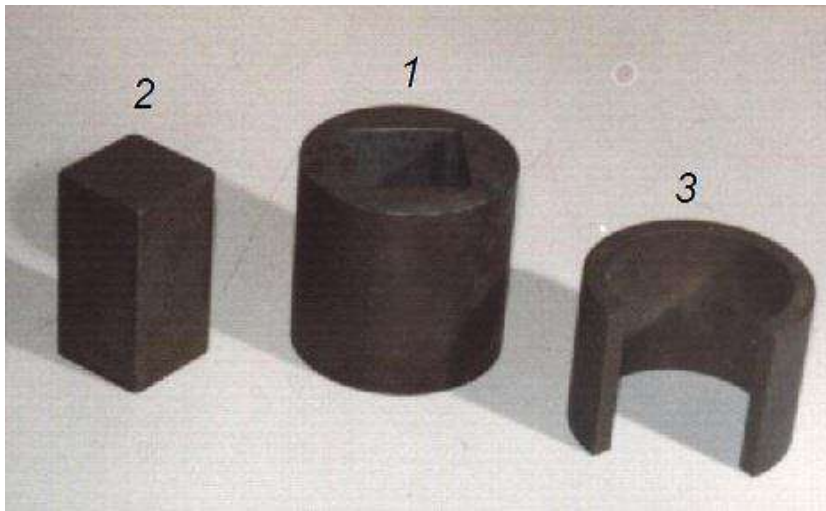
- застосування в спорудах, як ізоляція та утеплення;
- злітно-посадкові смуги аеродромів;
- мости та труби;
- водоскиди гребель;
- автомобільні траси та облицювання доріг, тротуарів, покриттів, у тому числі захисних;
- гірництво;
- інженерні споруди стічних систем та трубопроводів;
- каналізаційні системи;
- облицювання висотних місць, що потребують стійкості проти корозії;
- промислові котли;
- споруди, які потребують запуску в роботу в гранично короткі терміни;
- сходи;
- перемички і балки;
- відстійники;
- застосування в суміші;
- ремонтні роботи;
- зміцнення і фіксації;
- попередження течі, проникнення води;
- заповнення порожнеч між стіною і дверима чи вікнами, для дзеркальних опор.

Підготувавши відповідні зразки для експериментальних випробувань за допомогою спеціально розробленого обладнання (рисунок 1). Проаналізуємо можливості цифрового аналізу даних зразків за допомогою програмного комплексу ANSYS.

ANSYS– це універсальна програмна система кінцево-елементного (МСЕ) аналізу, яка існує і розвивається протягом останніх 30 років, є досить популярною у фахівців в області комп'ютерного інжинірингу для розв'язання лінійних і

нелінійних, стаціонарних і нестаціонарних просторових задач механіки деформованого твердого тіла і механіки конструкцій. Моделювання та аналіз в деяких областях промисловості дозволяє уникнути дорогих і тривалих циклів розробки типу «проектування – виготовлення – випробування». Тому за допомогою цього програмного комплексу виконаємо моделювання та роботу зразка за схемою представленою на рисунку 2.

a)



б)

в)

г)

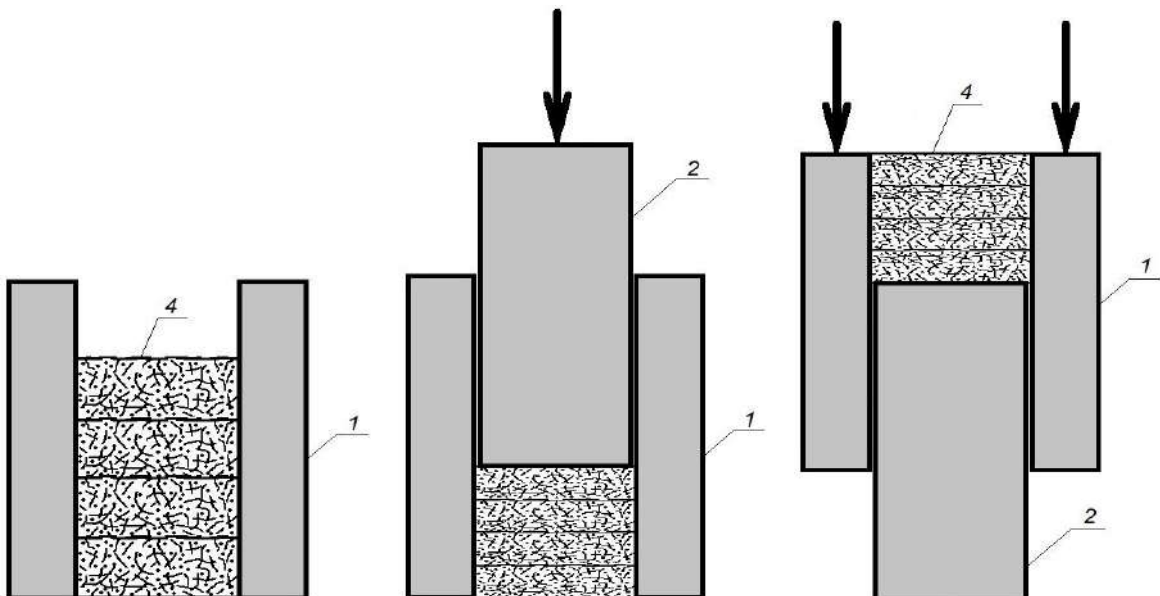


Рисунок 1 – Формування зразків прокладного шару для випробувань: а – прес-форма; б – пошарове укладання композиту в матрицю прес-форми; в – ущільнення зразка пуансоном; г – витиснення зразка із матриці пуансоном за допомогою виштовхного кільця; 1 – матриця; 2 – пуансон; 3 – виштовхне кільце; 4 – зразок.



Рисунок 2 – Зразок для моделювання

Висновки. Моделювання та підбір параметрів для більш точного опису експериментальної конструкції та навантаження. Цей процес ще триває та потребує багато уваги та часу, знань та досвіду. На сьогодні вже є модель для попереднього розрахунку, яка представлена на рисунку 3.

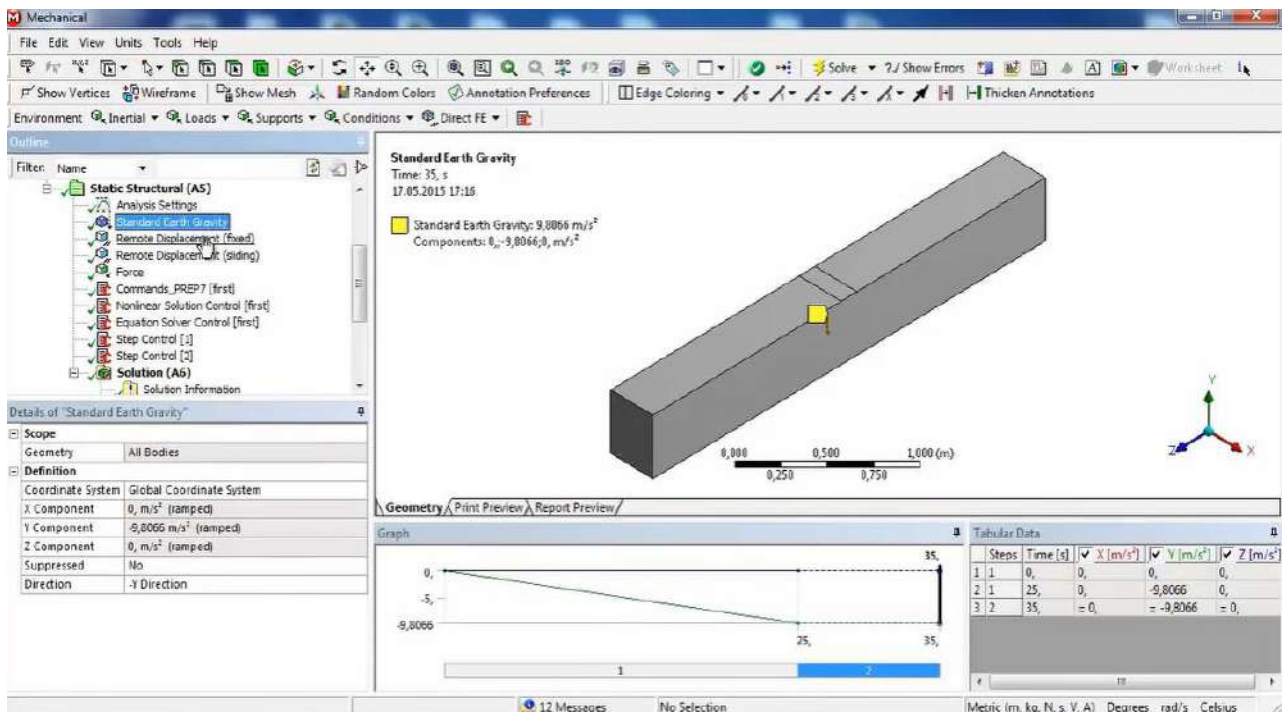


Рисунок 3 – Моделювання експериментального зразка для лабораторних випробувань

Виконання попереднього розрахунку дає можливість скоординувати лабораторні випробування, щодо кроку навантаження, часу витримки та порівняння стану зразка з цифровим моделюванням. Наразі розробляється цифрова модель у програмному комплексі Ліра для порівняння результатів та при необхідності введення корегувань.

Література:

1. Пат.111024 UA Композиція для виготовлення рулонного матеріалу для гідроізоляції та ремонту. А.А.Плугін, Т.О.Костюк, О.А.Плугін, Д.О.Бондаренко, Н.М.Партала, Ю.А.Суханова. УкрДУЗТ. Заявл.17.11.2014, заявка № 2014 12308. Опубл.10.03.2016, бюл.№5.



2. Костюк Т.А., Плугин А.А., Арутюнов В.А., Партала Н.М., Суханова Ю.А. Рулонный композиционный материал для ремонта и гидроизоляции бетонных, железобетонных и каменных конструкций и сооружений. Зб. наук. праць УкрДУЗТ, 143 (2014) 103–110.

3. Суханова, Ю.А., Плугин А.А. Разработка рулонного композиционного материала для ремонта подводных сооружений. Зб. наук. праць УкрДУЗТ, 160 (додаток) (2016) 87–81.

4. Описание и фото синтепона: что это такое, как выглядит наполнитель и на какую температуру он рассчитан? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://protkan.com/tkani/napolniteli/chto-takoe-sintepon.html>.

5. Isidac 40. Building Chemicals. Special cement for your special products! Cimsa. [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.cimsa.com.tr/ca/docs/4FE58AA58E3A4B7B85FA9E4EE011A8/5D52AAA7A978476984B32DCB0B058D42.pdf>

References:

1. Patent 111024 UA Kompozitsiia dlya vigotovlennya rulonnogo materialu dlya gidroizolyatsii ta remontu [Composition for the preparation of rolled material for waterproofing and repair]. A.A.Plugin, T.O.Kostyuk, O.A.Plugin, D.O.Bondarenko, N.M.Partala, YU.A.Sukhanova. *UkrDUZT. Application No. 11/17/2014, Application No. 2014 12308. Published on 03/10/2016, Bull. No. 5. Ukraine, Kharkiv.* [in Ukrainian].

2. Kostyuk T.A., Plugin A.A., Arutyunov V.A., Partala N.M., Sukhanova YU.A. (2014) Rulonnyy kompozitsionnyy material dlya remonta i gidroizolyatsii betonnykh, zhelezobetonnykh i kamennykh konstruktsiy i sooruzheniy [Rolled composite material for the repair and waterproofing of concrete, reinforced concrete and stone structures and structures]. *Zb. Sciences. prats UkrDUZT, 143 (2014) 103-110.* [in Ukrainian].

3. Sukhanova, YU.A., Plugin A.A. (2016) Razrabotka rulonnogo kompozitsionnogo materiala dlya remonta podvodnykh sooruzheniy [Development of a rolled composite material for the repair of underwater structures]. *Zb. Sciences. prats UkrDUZT, 160 (addition) (2016) 81-87.* [in Ukrainian].

4. Opisanie i foto sintepona: chto eto takoye, kak vyglyadit napolnitel' i na kakuyu temperaturu on rasschitan? <https://protkan.com/tkani/napolniteli/chto-takoe-sintepon.html>. [Description and photo of a synthetic winterizer: what is it, what does the filler look like and what temperature is it designed for? [Electronic resource]. – Access mode: <https://protkan.com/tkani/napolniteli/chto-takoe-sintepon.html>.] [in Ukrainian].

5. Isidac 40. Building Chemicals. Special cement for your special products! Cimsa. [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.cimsa.com.tr/ca/docs/4FE58AA58E3A4B7B85FA9E4EE011A8/5D52AAA7A978476984B32DCB0B058D42.pdf>