

УДК 629.5.01

**ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СПОЛУЧНИКА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА  
КОМПОЗИТНОЇ ЩОГЛИ****Гейко Сергій Петрович<sup>1</sup>**, к.т.н.,**Копійка Сергій Васильович<sup>2</sup>**, к.т.н., доцент**Чікал Михайло Андрійович<sup>3</sup>**, студент.*Національний університет кораблебудування імені адм. Макарова**Україна, Миколаїв;**<sup>1</sup>sergii.kopiika@gmail.com <sup>2</sup>geykosp@gmail.com**<sup>3</sup>chikal.mikhail@gmail.com*

**Анотація.** В роботі за допомогою експерименту обирається сполучник, наповнювач та параметри їх співвідношення для виготовлення щогли з оптимальними характеристиками. Для цього в експерименті брали участь два сполучники (ПЕК404 і VE2MM) і обирається кількість твердника та відстань від УФ випромінювача для отримання оптимальних характеристик виробу.

**Ключові слова:** наповнювач, щогла, сполучник, ультрафіолетове випромінювання.

**Вступна частина.** Щогли на судах виконують різноманітні функції: подача візуальних сигналів для інших суден, на щоглах встановлюють різноманітні антени, кріплять флаги, на вітрильних судах до щогли кріпляться вітрила. Зазвичай їх виробляють із традиційних матеріалів: дерева, металів. Але в наш час поширюється тенденція на використання щогл із композиційних матеріалів через їх меншу масу та меншу схильність до низькочастотних вібрацій у порівнянні з аналогами із традиційних матеріалів.

Виробництво щогл для суден із композиційних матеріалів – це доволі трудомісткий процес. Якщо металеві щогли можна зібрати з декількох частин, листів або модулів, то щогли із композиційних матеріалів (далі КМ) необхідно виготовляти суцільною конструкцією (через особливості КМ), що накладає певні технічні труднощі. Вони пов'язані із матеріалом – смолою, що твердне під час виробництва, від параметрів якої залежать механічні властивості виробу.

Оскільки для повного твердіння смоли потрібний певний час (до трьох діб для повного отвердіння), процес виробництва може бути доволі довгим. Зменшити час твердіння можна шляхом підвищення температури. Зазвичай, вироби невеликих розмірів залишають у пічці при певній температурі на кілька годин і цього вистачає. З великогабаритними виробами такий підхід не прийнятний: необхідно, щоб твердіння виробу проходило рівномірно. Таким чином не утвориться місць перенапружень у виробі. Для цього необхідно знайти піч, що задовольняла би розмірам виробу, що може бути доволі дорого або, взагалі, неможливо. Іншим шляхом є використання ультрафіолетового випромінювання. Воно дозволяє зменшити час твердіння виробу, при цьому не потрібен пристрій розмірами з вироб.

У сучасних умовах можна легко придбати будь-яку смолу на вибір, але на даний момент існує невелика кількість видів фотополімерних смол [3], що швидко твердіють під час випромінювання. Більшість з них досить чутливо відносяться до ультрафіолетового випромінювання і вони є досить дорогими для виготовлення. Саме тому основна проблема саме у сировині.

**Мета роботи.** Метою роботи є вибір фотополімерної смоли в першу чергу за технічними характеристиками з більш дешевших аналогів за рахунок підбору УФ-их ламп з необхідною розрахунковою потужністю.

Вдосконалення сировини необхідне через декілька причин: зменшення вартості виробництва через зменшення часу на виготовлення, тобто збільшення кількості виробів за одиницю часу, збільшення варіацій матеріалів, що в свою чергу, впливає на механічні характеристики виробу.

Тому методологічною основою дослідження, є експериментальна робота з різними видами смоли та вплив ультрафіолетового випромінювання різної потужності на неї. А також розробка математичної моделі залежності швидкості полімеризації матриці від потужності випромінювання.

Щоб підвищити ефективність твердіння смоли при виготовленні щогли треба розробити спосіб підбору смоли та потужності випромінювання ультрафіолетових променів. Для цього необхідно провести ряд експериментів та розробити математичну модель, завдяки якій в подальшому можна розраховувати такі перемінні як потужність випромінювання для полімеризації смоли, після того як буде вибрана смола з необхідними властивостями.

#### **Основна частина.**

Для виконання роботи був проведений ряд експериментів зі смолами ПЕК 404 та VE2MM [2]. Кількість твердника (МЕК) в початку експерименту для двох видів смол додається в кількості 25% від маси смоли, в подальшому додається твердник в разі необхідності. Джерело ультрафіолетового випромінювання – лампа ДРТ – 1000 [1].

Для проведення пошукового експерименту необхідно було виконати наступні задачі:

- перевірити полімеризування смоли без твердника (засікти час, також заміряти відстань від УФ-лампи та зафіксувати потужність випромінювання);
- в разі незадовільних результатів полімеризації смоли, необхідно додати для початку 25% МЕК від маси смоли;
- потім підвищувати кількість твердника по стехіометрії, до співвідношення 1:1 (еквімолярне співвідношення);
- після цього необхідно повторити експеримент з найгіршими та найкращими результатами, для того щоб перевірити чи буде великий відхил в часі (більше 5%), оскільки лампа ДРТ – 1000 могла працювати гірше через перепад напруги;
- після проведених вище дослідів, необхідно повторно заміряти відстань між зразком та віссю ДРТ – 1000, та поділити на 7 рівних частин цю відстань і поступово наближати джерело ультрафіолетового світла (при зменшенні відстані у два рази, потужність випромінювання збільшиться в квадраті від відстані);
- заключним етапом буде проведення розрахункових робіт відносно впливу випромінювання на полімеризацію смоли з певною кількістю твердника, та екстраполяція математичної моделі.

Після проведення першої частини експериментів були отриманні результати, що наведенні результати у таблиці 1.

**Таблиця 1** – Результати першої частини експериментальної роботи

Смола	Кількість смоли (мл)	Кількість твердника (МЕК), (мл)	Час твердіння ПВС (с)	Час твердіння ПЕС (с)
ПВС VE 2 ММ/ПЭС 404	2	0,02	330	560
ПВС VE 2 ММ/ПЭС 404	2	0,04	320	480
ПВС VE 2 ММ/ПЭС 404	2	0,08	300	420
ПВС VE 2 ММ/ПЭС 404	2	0,2	390	450
ПВС VE 2 ММ/ПЭС 404	2	0,24	420	450

Оскільки ПВС марки VE 2 ММ, показала найкращі результати, то друга частина експерименту проводилась з нею, додана кількість твердника складала 0,08 мл. Змінювалась експозиція УФ-лампи ДРТ-1000 (потужність 24 Вт, довжина – 180 мм). Результати приведені нижче (таблиця 2):

**Таблиця 2.** Результати другої частини експерименту

№ досліджу	Висота, мм	Бокова площа, мм <sup>2</sup>	Інтенсивність опромінення, Вт/мм <sup>2</sup>	Час, с
1	260	293904	8,16593E-05	300
2	183	206863,2	0,000116019	170
3	150	169560	0,000141543	150
4	130	146952,4	0,000163319	110
5	116	131126,4	0,00018303	90

З другої частини експерименту отримано залежність часу твердіння смоли від відстані до УФ лампи.

На мій погляд запропонований спосіб вирішення проблеми за допомогою підбору смоли при впливі ультрафіолетового світла, само собою надає змогу пришвидшувати швидкість виготовлення щогли, оскільки для цього треба буде лише збільшити потужність випромінювання. На базі цієї гіпотези, я роблю експериментальне дослідження, та розраховую математичну модель за допомогою екстраполяції даних в програмі Math CAD.

#### **Висновки.**

1. Обґрунтовано необхідність підбору характеристик смоли для отримання оптимального вибору параметрів виробу.
2. Сформульовано причини і необхідність використання ультрафіолету для оптимізації швидкості твердіння виробу.
3. Досліджено залежність відстані випромінювача від виробу до часу твердіння матриці.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

- [1] Лампа ДРТ-1000 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://techlamp.com.ua/ua/p197660034-lampa-drt-1000.html> (дата звернення 24.09.2022).
- [2] Винилэфирная смола Polimal VE 2 ММ TP [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.polypark.ru/catalog/category\\_resistant/polimal-ve-2mm-tp/polimal-ve2mm-tp-5kg/](https://www.polypark.ru/catalog/category_resistant/polimal-ve-2mm-tp/polimal-ve2mm-tp-5kg/) (дата звернення 24.09.2022).
- [3] УФ – отверждаемые смолы [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://attikarus.ru/2014/03/18/217-uf-otverjdaemie-smoli/> (дата звернення 24.09.2022).

#### **Optimization Of Matrix Parameters For The Production Of A Composite Mast**

Kopiika S., Geyko S., Chikal M.

National University of Shipbuilding named after adm. Makarov

**Abstract.** In the article, the resin, filler and the parameters of their ratio are selected with the help of an experiment for the manufacture of a mast with optimal characteristics. For this purpose, two binders (PEK404 and VE2MM) took part in the experiment, and the amount of hardener and the distance from the UV emitter are selected to obtain optimal product characteristics.

**Key words:** filler, mast, resin, ultraviolet radiation.