

ПІНОБЕТОН ЯК МАТЕРІАЛ ДЛЯ ПРОТИПОЖЕЖНИХ РЯТУВАЛЬНИХ ПЛАВУЧИХ КАПСУЛ

Ю. Фамуляк, к. т. н.

ORCID ID: 0000-0003-3044-5513

Львівський національний аграрний університет,

Б. Демчина, д. т. н.

ORCID ID: 0000-0002-3498-1519

Національний університет «Львівська політехніка»,

Ю. Собчак-Пястка, к. т. н.

ORCID ID: 0000-0002-5052-9362

Університет Технологічно-природничий в Бидгощі, Польща

<https://doi.org/10.31734/architecture2019.20.028>

Фамуляк Ю., Демчина Б., Собчак-Пястка Ю. Пінобетон як матеріал для протипожежних рятувальних плавучих капсул

Розробка безпечних засобів спасіння людей на суднах під час пожежі хвилює науковців та робітників морської сфери давно. Особливо це стосується вантажного та промислового судноплавства. Одним із можливих варіантів вирішення такого завдання є використання плавучої рятувальної капсули для порятунку людей, які опинилися на палаючому кораблі під час пожежі. На сьогодні відсутні ефективні, дешеві протипожежні засоби для колективного захисту людей на воді. Наявні пристрої є достатньо громіздкими та дорогими. Це пов'язано із матеріалами, з яких вони виготовлені, тож часто судновласники нехтують безпекою людей, не забезпечивши кораблі надійними засобами порятунку на воді. При цьому застосовують засоби, що є максимально дешевими і не надто надійними та використовуються лише формально.

Для безпечного й ефективного використання такої капсули треба виконати низку вимог, без чого використання такого засобу порятунку неактуальне. Основні вимоги, які повинні бути виконані, це: плавучість, вогнестійкість, стійкість на воді, форма, міцність та надійність, водонепроникність, комфорт, технологічність виготовлення, економічність. Одним із важливих чинників, який загалом впливає на вирішення всіх поставлених вимог, є матеріал, з якого буде виготовлено таку рятувальну капсулу.

Пропонуємо використати для спорудження такого пристрою достатньо широко використовуваний у будівництві матеріал, який практично не застосовують у кораблебудуванні – пінобетон – матеріал, який є різновидом ніздрюватого бетону. Адже пінобетон задовольняє практично всі вимоги, які повинні мати такі рятувальні капсули. Він є досить легким матеріалом, має високу плавучість, а найголовніше – вогнестійкість, технологія його виготовлення проста, а сам матеріал достатньо економічний. За допомогою певних заходів та операцій можна підвищити міцність такого матеріалу до необхідного рівня, а обробивши поверхню пінобетону певними сучасними сумішами чи розчинами – добитись і практично стовідсоткової водонепроникності.

Ключові слова: мореплавство, корабель, пожежа, рятувальна капсула, пінобетон.

Famuliak Yu., Demchyna B., Sobchak-Piastka Ju. Use of foamed concrete in the fire-prevention floating capsules

Development of safe means for people rescue on ships in case of fire has been a concern for scientists and workers of the marine field for a long time. This is especially true for cargo and industrial shipping. Use of a floating rescue capsule to rescue people, who appear aboard a ship in fire is one of the possible solutions of this problem. Today, there are no effective, cheap fire prevention means for the collective protection of people on the water. The available devices are quite cumbersome and expensive because of the materials they are made. Therefore, the ship-owners often neglect the safety of people, not providing the ships with reliable means of people rescuing on the water. It uses the tools that are as affordable as possible and not too reliable and are used only formally.

For safe and effective use of such a capsule, a number of requirements must be met. In other case, use of such remedy is not relevant. The basic requirements that must be solved include buoyancy, fire resistance, water resistance, shape, durability and reliability, comfort, production manufacturability, efficiency. One of the important factors that generally influences the execution of all requirements is the material of which this rescue capsule is made.

To construct such device, it is proposed to use the materials, which are widely used in building, but almost not used in shipbuilding, i.e. foam concrete that is a kind of nondrobate concrete. Foam concrete satisfies almost all requirements, set to such rescue capsules. It is a fairly light material, having high flotation, and the most importantly – high fire resistance. The technology of its production is simple, and economical. Taking certain measures and operations, one can improve the strength of this material up to the required level, and by treating the surface of the foam concrete with certain modern blends or solutions, it is possible to achieve almost one hundred percent water resistance.

Key words: navigation, ship, fire, fire-prevention capsule, foam concrete.

Постановка проблеми. Вогонь супроводжує людину на всьому розвитку цивілізації і без нього уявити наше життя неможливо. Але вогонь, який вийшов із-під контролю, здатний спричинити руйнівні, а також смертельні наслідки.

Пожежі є серйозною проблемою для людства і, на жаль, у багатьох країнах світу їх кількість зростає. Сучасна пожежа характерна її швидким поширенням. За дуже короткий час безповоротно можуть бути втрачені цінності, на відновлення яких потрібні роки. Горять будівлі, споруди, готелі (рис. 1), житлові масиви, ліси, виробниче обладнання, автомобілі, потяги, пороми, кораблі, літаки і багато іншого. Після пожежі, яка завдає величезних матеріальних збитків, викидає в атмосферу безліч шкідливих речовин, отруєє навколишнє середовище, залишаються згарища, попіл, непридатні для користування землі, та інші негативні наслідки, і, що найгірше – травмування і загибель людей. Тобто пожежа може супроводжуватися знищенням матеріальних цінностей, загрожувати життю та здоров'ю людей і довкіллю.

Однією зі сфер діяльності людини з давніх-давен було мореплавання. Морський вид транспорту, як і будь-який інший, пов'язаний з можливістю аварій, катастроф та ризиком для життя людини. Ризик для життя людини на морських транспортних засобах значно вищий, ніж на авіаційних та залізничних видах, але нижчий, ніж на автомобільних.

У світовому морському транспорті щорічно зазнають аварій понад 8000 кораблів, з них гине понад 200 одиниць. Безпосередньої небезпеки для життя під час аварії зазнають понад 6000 людей, з яких близько 2000 гине. Найтяжча в історії мореплавання катастрофа пасажирського судна «Дона Пас» у районі Філіппін забрала 3132 життя.



Рис. 1. Дубаї. Пожежа в готелі

Пожежа на кораблі; аварії та катастрофи, пов'язані з природними умовами; зіткнення з іншими кораблями або з нерухомим об'єктом; інші види аварій (льодовий полон, хибний курс, посадка на рифи, перекидання, терористичний акт тощо) зумовлюють небажані ситуації на кораблі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробка безпечних засобів порятунку людей на судах під час пожежі хвилює науковців та робітників морської сфери давно. На кожному етапі розвитку мореплавання це питання хоч і розглядають, але до кінця на сьогодні воно не вирішене. Особливо це стосується вантажного та промислового судноплавства (рис. 2). Тобто немає надійних, дешевих засобів, які б дали змогу пасажиром та екіпажу судна знайти безпечний прихисток, щоб переконатися пожежу чи відплисти від палаючого корабля на безпечну віддаль і перебраться на корабель рятувальників. Тому питання розробки надійного засобу для спасіння людей на морі під час пожежі було і залишається актуальним до сьогодні.



Рис. 2. Пожежа на вантажному судні в Північному морі

У процесі вирішення проблеми порятунку пасажирів чи екіпажу судна під час пожежі необхідно вирішити низку нагальних проблем. Одним із можливих варіантів вирішення такої проблеми є використання плавучої рятувальної капсули для порятунку людей, які опинилися на палаючому кораблі під час пожежі.

Постановка завдання. Для безпечного та ефективного використання такої капсули треба вирішити низку вимог, без виконання яких використання такого засобу порятунку неактуальне. Основні вимоги, які повинні бути виконані, це: плавучість, вогнестійкість, стійкість на воді, форма, міцність та надійність, водонепроникність, комфорт, технологічність виготовлення, економічність.

Одним із важливих чинників, який загалом впливає на вирішення всіх поставлених вимог, є матеріал, з якого буде виготовлятися рятувальна капсула.

Виклад основного матеріалу. Пропонуємо використати для спорудження такого пристрою широко використовуваний у будівництві матеріал, який практично не застосовують у кораблебудуванні – пінобетон – матеріал, який є різновидом коміркового бетону (рис. 3).

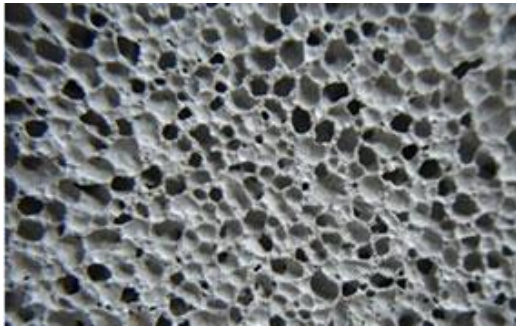


Рис. 3. Структура пінобетону

Розглянемо, яким чином можна вирішити раніше поставлені вимоги, використовуючи такий, не зовсім звичний у кораблебудуванні, будівельний матеріал.

1. **Плавучість.** Одним із найважливіших параметрів для засобів порятунку людей на воді є плавучість цих засобів, тобто здатність тіла втримуватись на поверхні води (рис. 4). Оскільки пінобетон має досить низьку густину, в межах $150 \dots 1000 \text{ кг/м}^3$, це і забезпечує його плавучість без використання якихось додаткових заходів чи пристроїв.

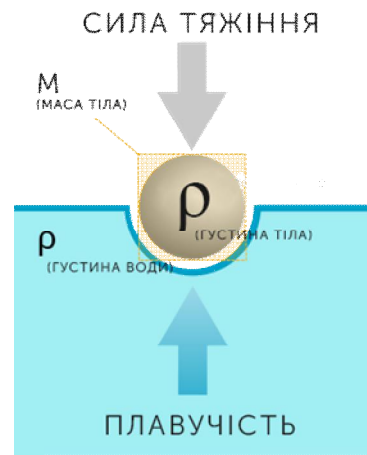


Рис. 4. Умова плавучості

2. **Вогнестійкість.** Важлива здатність будь-якого матеріалу, яка дає змогу використовувати його як засіб для захисту від пожежі. Без цієї властивості, тобто спротиву матеріалу дії високої температури протягом певного часу, неможливо використовувати такий матеріал для захисту під час пожежі (рис. 5). Як відомо, пінобетон є негорючим матеріалом і таким, що має досить високий ступінь вогнестійкості [1].

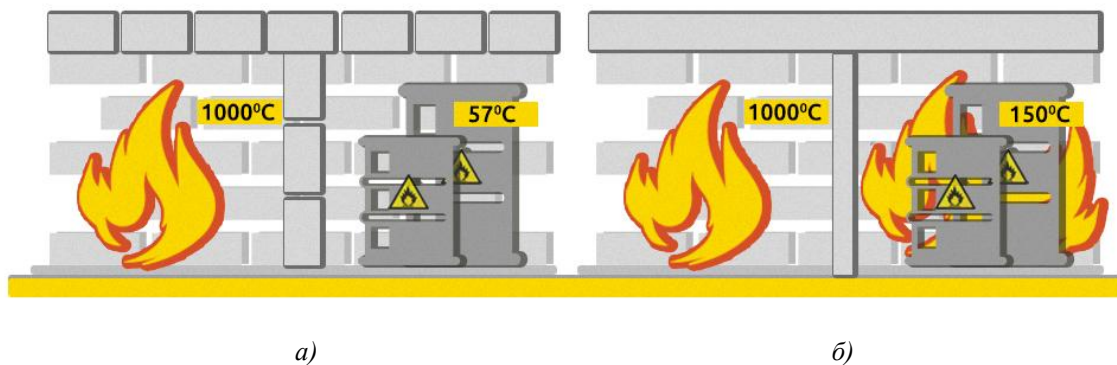


Рис. 5. Різниця температур під час пожежі при влаштуванні перегородки з: а) пінобетону; б) важкого бетону



Рис. 6. Форми рятувальних капсул

3. *Стійкість на воді.* Для безпечного перебування людей у протипожежній капсулі під час пожежі до часу виявлення її та евакуації в безпечне місце необхідно забезпечити можливість перебування такої капсули в стійкому положенні на воді. Тобто сама капсула не повинна самочинно повертатися навколо горизонтальної чи вертикальної осі. Таку вимогу можна виконати, зробивши вагу нижньої частини капсули більшою за верхню її частину, або, інакше кажучи, використати принцип «ляльки-неваляшки». Такого ефекту можна досягти зробивши днище капсули з матеріалу з більшою густиною. Проблему можна вирішити і за використання пінобетону, зробивши днище капсули з пінобетону більшої густини ніж верхню її частину (як було зазначено, густина пінобетону коливається в досить широкому діапазоні).

4. *Форма.* Неабияке значення для рятувальної капсули має її форма (рис. 6). Предмети з гострими, прямими, прямолінійними, плоскими поверхнями мають небезпеку більшого пошкодження граней, а, отже, і втрати цілісності капсули, за екстремальних умов за екстреного опускання капсули на воду. Округлі, згладжені форми капсули є більш прийнятними для захисних капсул. Тому й матеріал рятувальних капсул повинен добре піддаватись обробці, мати здатність набувати довільні форми. Пінобетон, як штучний матеріал, який з рухливої суміші перетворюється на затверділий матеріал, і з якого можна виливати елементи практично довільної форми, цілком може слугувати матеріалом для виготовлення рятувальної капсули.

5. *Міцність та надійність.* Рятувальні капсули, які б забезпечували безпеку людей, повинні мати достатні міцнісні характеристики, щоб протидіяти різноманітним зовнішнім впливам, починаючи від протидії удару поверхнею води під час її спуску на воду до ударів окремих

предметів, які можуть плавати на поверхні води. Враховуючи те, що звичайний пінобетон є досить крихким матеріалом з відносно невисокими механічними властивостями, в таких пристроях доцільне використання армованого пінобетону. Поряд із звичайною металевою стрижневою арматурою, для армування пінобетону можна використати нетрадиційні види армування біологічного чи органічного походження або різні сітки. Влаштування такого армування забезпечить міцність пінобетону, що вплине на загальну надійність протипожежної рятувальної капсули [2-4].

6. *Водонепроникність.* Важливою властивістю для рятувальних засобів на воді є їх водонепроникність, тобто здатність матеріалу не пропускати воду. Пінобетон як матеріал певною мірою водонепроникний, але щоб забезпечити повну водонепроникність рятувальної капсули, її доцільно виконувати з комплексного багатошарового матеріалу, в якого лише зовнішні поверхні були б практично водонепроникні. Тож для захисту зовнішніх поверхонь пінобетону треба використати різноманітні шпаклівки чи просочити зовнішню поверхню гідрофобними розчинами, які б створили водонепроникний поверхневий шар. Сучасний розвиток хімічної індустрії та технологія виготовлення сухих будівельних сумішей дадуть змогу виконати таку операцію.

7. *Комфорт.* Для безпечного і комфортного перебування людей у рятувальній капсулі, до часу їх виявлення та евакуації в безпечне місце, необхідно забезпечити низку умов: відсутність твердих поверхонь, об які можна поранитись під час екстреного опускання капсули на воду; запас питної води та їжі; певна природня освітленість внутрішнього простору капсули; збереження тепла; засоби комунікації та навігації тощо. Більшість цих умов досить просто можна виконати, використовуючи різноманітні контейнери та ємкості в м'яких оболонках. Для забезпечення

природного освітлення внутрішнього простору рятувальної капсули у верхній частині корпусу можна виконати прорізи, заповнивши їх, наприклад, склопластиками [5]. Важливим є також і теплопровідність оболонки капсули, що актуально в холодну пору року чи доби. Враховуючи високі теплотехнічні характеристики пінобетону, він цілком добре виконуватиме роль теплоізолятора, що забезпечить зберігання тепла в середині капсули.

8. *Технологічність виготовлення.* У процесі виготовлення будь-якого засобу чи пристрою важливий такий параметр як технологічність виготовлення, тобто простота та доступність вихідних матеріалів та необхідного технологічного обладнання. Як уже зазначали, пінобетон є достатньо технологічним матеріалом, не потребує складного обладнання для виготовлення (рис. 7), процес вкладання його у форму є досить простим, а з самого пінобетону можна виконати практично довільну форму.



Рис. 7. Цех із виготовлення пінобетонних елементів

9. *Економічність.* На сьогодні, в часи значного здорожчання матеріалів та ресурсів, економічність будь-якого виробу відіграє не останню роль під час його виготовлення. Пропонований матеріал для виготовлення корпусу рятувальної капсули – пінобетон – не надто доро-

гий матеріал, за виготовлення якого не потрібно дорогих обладнання та матеріалів.

Висновки. Використання пінобетону для виготовлення рятувальних капсул під час пожежі на кораблях цілком можливе. Пінобетон задовольняє практично всі вимоги, які повинні мати такі рятувальні капсули. Він є досить легким матеріалом, володіє високою плавучістю, а, що найважливіше – вогнестійкістю; технологія його виготовлення проста, а сам матеріал достатньо економічний. За допомогою певних заходів та операцій можна підвищити міцність такого матеріалу до необхідного рівня, а обробивши поверхню пінобетону певними сучасними сумішами чи розчинами – і добитись практично стовідсоткової водонепроникності.

Бібліографічний список

1. Демчина Б., Половко А., Веселівський Р. Дослідження конструктивно-теплоізоляційного пінобетону, як вогнезахисного матеріалу. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: теорія і практика будівництва*. Львів. 2010. № 662. С. 150–155.
2. Famulyak Y., Burchenya S., Mazurak T., Sosnowska M., Kasprzyk I. Zastosowanie niekonwencjonalnego zbrojenia w elementach piano- i gazobetonowych. *Wybrane zagadnienia konstrukcji i materialow budowlanych oraz geotechniki*: 61 Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB, 20-25 września 2015. Bydgoszcz-Krynica: Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, 2015. S. 45–53.
3. Пролітний пінобетонний елемент з тристороннім армуванням зварною сіткою: пат. України на корисну модель: u2014 11760 МПК E04C 5/02 (2006.01). № 98297; заявл. 30.10.2014; опубл. 27.04.2015, Бюл. № 8. 4 с.
4. Пролітний пінобетонний елемент з армуванням просічно-витяжною сіткою: пат. України на корисну модель: u2013 08842 МПК E04C 5/02 (2006.01). № 86793; заявл. 15.07.2013; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1. 4 с.
5. Демчина Б., Черевко М., Прокоп'юк В. Дослідження міцності та деформативності скляних балкових конструкцій. *Вісник Львівського національного аграрного університету: архітектура і сільськогосподарське будівництво*. 2014. № 15. С. 51–56.

Стаття надійшла 19.03.2019.