

УДК 691.699.86

І.В. Мальований, М.К. Шаровар, В.В. Афанасьєв

Запорізька державна інженерна академія, Запоріжжя

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ МОРСЬКОЇ ТРАВИ

В роботі досліджується теплоізоляційний матеріал, отриманий на основі морської трави. Для вибору раціонального виду в'язучого у наших експериментальних дослідженнях було застосовано органічні (ПВА-емулсія та целюлоза) та неорганічні (рідке скло, цемент, вапно) в'язучі.

Проведено порівняння отриманих зразків на різних видах в'язучого. Встановлено залежності щільності зразків і міцності на стиск при 10%-ій деформації від вмісту в'язучого. Для порівняння з іншими природними утеплювачами визначені основні технологічно-експлуатаційні характеристики отриманого матеріалу. Даний матеріал є екологічно чистим і має високі теплоізоляційні властивості. Виробництво теплоізоляційних плит з такого матеріалу дозволить утилізувати сотні тисяч тон морської трави і складе гідну конкуренцію існуючим утеплювачам.

Ключові слова: енергоефективний теплоізоляційний матеріал, морська трава, рідке скло, коефіцієнт теплопровідності, вогнестійкість.

Постановка проблеми

Основним напрямком економічного розвитку в умовах енергетичної кризи в Україні є розвиток виробництва ефективних теплоізоляційних будівельних матеріалів і економія паливно-енергетичних ресурсів, включаючи мінімізацію теплових втрат через огорожуючі конструкції будівель та споруд. В 2015 році в зв'язку з геополітичною ситуацією в Україні, тарифи на комунальні послуги зросли на 71,8%, що в свою чергу спричинило підвищення зацікавленості до питань енергозбереження.

Підвищення енергетичної ефективності включає реалізацію організаційних і технологічних заходів з економії енергоресурсів, впровадження системних заходів з енергозбереження у будівельному виробництві. У зв'язку з цим спостерігається тенденція щодо збільшення обсягів теплоізоляційних робіт з використанням ефективних теплоізоляційних матеріалів.

Одним з елементів технічного прогресу в будівництві є застосування нових ефективних і дешевих теплоізоляційних матеріалів, виробництво яких може бути організовано без значних капітальних витрат з використанням місцевих сировинних ресурсів. При створенні таких матеріалів велике значення має та обставина, що в процесі промислового їх виробництва використовуються недорогі сировинні ресурси, що не знаходили раніше собі широкого застосування.

Ефективність сучасних будівельних теплоізоляційних матеріалів (ТІМ) забезпечується наступними факторами: середня об'ємна маса ТІМ не повинна перевищувати 300 кг/м³ і коефіцієнт теплопровідності - 0,060 Вт/м·К; мінімальні затрати сировини і енергії на виробництво ТІМ, термін окупності їх застосування в конструкціях не більше 5 років; наявність доступної місцевої сировини, так як через низьку щільність (великий об'єм при малій вазі) їх економічно не вигідно перевозити на великі відстані.

Одним з напрямків НТП в виробництві будівельних матеріалів є застосування відходів промисловості і сільського господарства в технологію отримання ТІМ. По-перше, це дозволить вирішити проблему утилізації промислових та сільськогосподарських відходів, а по-друге, отримати дешеву місцеву сировину.

Отже, отримання ефективного ТІМ на основі природної сировини є необхідним кроком, який дозволить вирішити питання енергозбереження в Україні та світі і проблему утилізації відходів.

Одним із джерел такої сировини є морська трава (зостера, камка, взморник).

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Запаси морської трави в басейнах наших морів (Азовському, Чорному) досить великі: щороку можна отримувати сотні тисяч тон зостери, що викидається хвилями на прибережну зону, нагромаджуючи вали висотою до одного метра. При цьому природний екологічний баланс її зростання

не порушується. Найбільш високі врожаї спостерігаються на мілководдях, де на одному квадратному метрі поверхні збирається 3 – 4 кг зостери.

Наприклад, за даними Бердянського рибокомбінату тільки в північно-західній частині Азовського моря орієнтовно викидається сто тисяч тон зостери. Ще більші запаси трави, за даними Севастопольської біологічної станції, мають місце на мілководдях і в затоках Чорного моря [1, 2].

Морська трава має незначну об'ємну масу та волокнисту будову, значну механічну міцність, стійкість, а також не схильна до гниття, займання, пошкодження мікроорганізмами і гризунами.

Зостеру багато століть використовували в народному господарстві в натуральному вигляді як теплоізоляційний і армуючий матеріал для засипок горішних перекриттів та інших конструктивних елементів будівель і споруд.

Про неабияку стійкість і довговічність зостери свідчать також знахідки археологів в курганах скіфських поховань артефактів, які були викладені морською травою, яка зберіглася і не втратила свою початкову міцність протягом 6-7 тисячоліть.

Це створювало необхідні передумови для використання її в якості органічного наповнювача в теплоізоляційному плитному матеріалі індустріального виготовлення [3, 4].

Метою цієї статті є отримання енергоефективного ТІМ та визначення його технологічних та експлуатаційних властивостей для порівняння з іншими природними утеплювачами.

Виклад основного матеріалу

Морська трава зостера має волокнисту будову, листя тонкі, шириною 1,5 – 10мм, довжиною до 650мм, колір – від зеленого до темно коричневого. Просушена трава без ознак затхлого запаху, вологість 10-20%, об'ємна маса 100 - 150 кг/м³. Вміст механічних домішок (мул, пісок, інші водорості - 5-9%). Зостера включає велику кількість органічних та неорганічних речовин (табл. 1) [5, 6].

Виходячи з цих передумов, а також базуючись на раніше проведених дослідженнях, нами проводилися експерименти по отриманню теплоізоляційного матеріалу на основі зостери з використанням різних в'язучих речовин.

Одним з важливих елементів ТІМ є в'язучий компонент. Нами був проведений пошук такого в'язучого, яке б мало хороші клейові властивості, було б сумісне з зостерою, широко розповсюджене і економічне та забезпечувало б необхідні технологічні та експлуатаційні властивості отриманого з нього ТІМ.

Тому, для вибору оптимальних видів в'язучих у наших експериментальних дослідженнях було

застосовано органічні (клей КМЦ, ПВА-емульсія та целюлоза) та неорганічні (рідке скло, цемент, вапно) в'язучі.

Таблиця 1. Вміст органічних та неорганічних хімічних речовин у морській траві Азовського моря

Органічні			Неорганічні		
№	Речовини	Вміст в сухому стані, %	№	Речовини	Вміст в сухому стані, %
1	Зола	11,62	1	Хлор	2,5
2	Смоли та віск	3,95	2	Калій	1,6
3	Водорозчинні речовини	2,48	3	Натрій	1,45
4	Пентозани	12,53	4	Сірка	1,15
5	Уронові кислоти	1,505	5	Кальцій	0,95
6	Галактан	7,08	6	Магній	0,65
7	Клітчатка	17,12	7	Кремній	0,28
8	Лігнин	20,27	8	Фосфор	0,23
9	Легкогідролізуючі вуглеводи	11,15	9	Залізо	0,125
10	Таніди	3,25	10	Йод	0,11
Всього:		90,955	Всього:		9,045

Заповнювач перемішувався з в'язучим механічним шляхом, потім укладався в форму 100x100x100мм, накривався фіксуючою кришкою і піддавався незначному пресуванню. Після пресування розмір зразку був 100x100x50мм.







Використання в суміші волокнистого заповнювача дозволило отримати матеріал з рівномірною мікропористою структурою, що утворена за способом створення волокнистого каркасу за рахунок взаємного переплетіння і склеювання міцних і гнучких волокон морської трави, яка складала основу матеріалу.

Можливість формування суміші у виріб основувалася на використанні в якості в'язучого речовин, які покриваючи волокна трави тонким шаром, зв'язували їх в точках дотику між собою. Під час висушування зростає в'язкість розчину і їх довгі ланцюги молекул обволочуються навколо заповнювача і створюють міцне клеєве з'єднання. Міцність матеріалу залежала від величин сил адгезії і когезії заповнювача та в'язучого.

Найчастіше при створенні нових огорожуючих конструкцій застосовують ефективну теплоізоляцію з невисокими фізико-механічними властивостями. Тобто при експлуатації ТІМ найважливішим є його здатність зберігати форму

при технологічних та експлуатаційних навантаженнях та мати високий опір теплопередачі. Тому антогонізм прагнень до високої пористості і одночасно міцності ТІМ, повинен бути розв'язаний на користь пористості (меншої щільності), як основної передумови високого термічного опору. [7,8]. Дані щодо складу компонентів, які входили до композитів ТІМ приведено в табл.2.

Таблиця 2. Експериментальне отримання ТІМ на основі морської трави зостери

Маса компонентів до перемішування, г	Щільність в сухому стані, кг/м ³	Фото ТІМ і № експерименту
1.Рідке скло натрієве-50г 2.Зостера -50г	180	
1.Вапно-100г 2.Вода 100г 2.Зостера -50г	400	
1.Цемент М400-50г 2.Вода 100г 3.Зостера -50г	320	
1.ПВА-емульсія-75г 2.Вода 25г 3.Зостера -50г	180	
1.Клей КМЦ-50г 2.Вода 500г 3.Зостера 80г	180	
1.Целюлоза з водою- 570г 2.Зостера -80г	280	

Кількість в'язучої речовини в композиції варіювалося з метою досягнення найбільш повного змочування поверхні заповнювача (морської трави) і відповідно отримання максимально можливої для таких композицій міцності при мінімальній щільності.

Зразок №1 мав досить велику міцність на стискання, невелику об'ємну масу та мав незначне число відгалуджень морської трави. Зразок №2а одразу мав помітне розшарування в тілі та велику об'ємну масу. Зразок №3 мав досить високу міцність на стискання, але низьку пористість і відповідно високий коефіцієнт теплопровідності. Зразок №4 мав відгалуження трави, але дуже гарно працював на стиск і на розтяг. Його можна використовувати для виготовлення рулонних ТІМ на основі морської трави. Зразок №5 одразу розшарувався і відкинув можливість застосування КМЦ з зостерою для отримання ефективного ТІМ. Зразок №6 мав високу міцність на стиск при малій адгезії заповнювача.

Для подальшого дослідження було обрано в ролі в'язучих рідке скло, ПВА та цемент. Потім виготовлено по 4 зразки з кожним видом в'язучої речовини, досліджено залежність щільності і міцності на стиск від вмісту в'язучого і побудовано залежності (рис. 1а, б).

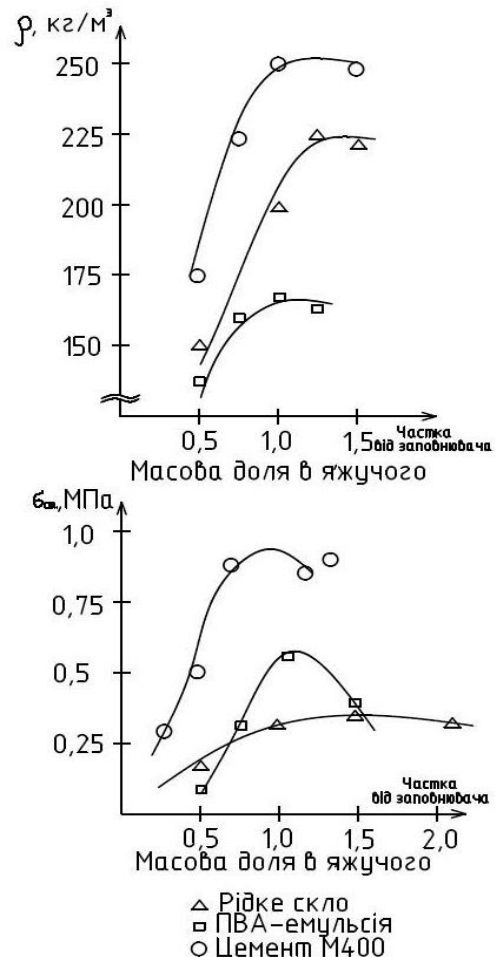


Рис.1. а-залежність щільності зразків від вмісту в'язучого, б-залежність міцності на стиск при 10%-ій деформації від вмісту в'язучого.

При порівнянні проведених експериментів можна рекомендувати наступні масові

співвідношення заповнювач-в'язуче для композиції з морської трави та рідкого скла – 1:(1-1.2).

Після встановлення раціонального співвідношення заповнювач-в'язуче було досліджено основні технологічно-експлуатаційні показники отриманого теплоізоляційного матеріалу (табл.3) і порівняно їх з показниками раніше досліджуваних ТІМ на основі природних сировинних матеріалів (табл.4).

Таблиця 3. Основні технологічно-експлуатаційні показники ТІМ на основі зостери

№	Назва показників	Одиниці виміру	Значення				
			200	300	400	500	600
1	Об'ємна маса	кг/м ³	200	300	400	500	600
2	Коефіцієнт теплопровідності для об'ємної маси	Вт/м·К	0,049	0,062	0,071	0,075	0,087
3	Вологопоглинання протягом 10 днів -без гідрофобізатора -з гідрофобізатором	% %	24,4 7,5-14				
4	Границя міцності на стиск для об'ємної маси	МПа	0,246	0,284	1,176	1,764	2,94
5	Границя міцності на згинання для об'ємної маси	МПа	0,21	0,35	0,78	1,45	2,24
6	Границя міцності на розтяг для об'ємної маси	МПа	0,025	0,028	0,034	0,041	0,055
7	Вогнестійкість		Складногорючий				
8	Стійкість до дії грибків		Біостійкий				
9	Вологість по вазі,	%	8-12				

Таблиця 4. Основні технологічно-експлуатаційні показники ТІМ на основі природних матеріалів

№	Назва показників	Одиниці виміру	Значення				
			Соло-міг	Фібро-літ	Арбо-літ	Торфо-плита	
1	Об'ємна маса	кг/м ³	180	400-500	400-800	170-220	
2	Коефіцієнт теплопровідності для об'ємної маси	Вт/м·К	0,052	0,09-0,1	0,08-0,17	0,05-0,075	
3	Вологопоглинання протягом 10 днів	%	17,0	35-45	40-85	70	
4	Границя міцності на стиск для об'ємної маси	МПа	0,3	0,50-3,5	0,4-4,5	0,1-0,5	
5	Границя міцності на згинання для об'ємної маси	МПа	0,27	0,35-1,3	0,4-1,0	0,3	
6	Вогнестійкість		-	+	+	-	
7	Стійкість до дії грибків		Небіо-стійкий	Біо-стійкий	Біо-стійкий	Небіо-стійкий	

Висновки

Отже, проведені дослідження показали, що отриманий ТІМ на основі морської трави та рідкого скла є одним із перспективних природних матеріалів за технологічними та експлуатаційними властивостями в порівнянні з властивостями аналогічних сировинних матеріалів (соломіт, фіброліт, арболіт, торфоплита). Тому виготовлення теплоізоляційних плит на основі зостери з технологічно-експлуатаційними показниками, що наведені в табл.3, за нескладною технологією виготовлення і з невисокими енергозатратами виробництва потрібно розвивати в Україні для подолання енергетичної кризи.

Виробництво теплоізоляційних плит з такого матеріалу дозволить утилізувати сотні тисяч тонн морської трави і складе гідну конкуренцію існуючим утеплювачам.

Література

1. Чуగుнов Н.А. Предварительные результаты исследований продуктивности Азовского моря. Труды Азово - Черноморской научно - промышленной экспедиции. [Текст]: дис. докт. арх. наук / Н.А. Чуగుнов – Керчь, 1926. – 197 с.
2. Морозова-Водяницкая Н.В. Промышленные запасы Севастопольской биологической станции. [Текст] / Н.В. Морозова-Водяницкая // – Севастополь, 1936. – 56с.
3. Морозова-Водяницкая Н. В. Зостера как объект промысла на Черном море / Н. В. Морозова-Водяницкая // Севастополь, Природа. – 1939. – №8.
4. Мирошников В. Н. Зостера как промышленное сырье / В. Н. Мирошников. // Журнал прикладной химии. – Х в. – Том XII
5. Рыбьев И.А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ (искусственные строительные конгломераты), учебное пособие [Текст] / И.А. Рыбьев // Москва. Высшая школа, 1978. – 307с.
6. Наумов В.Н. Новый теплоизоляционный материал. Листок технической информации [Текст] / В.Н. Наумов, И.М. Могилевский. // Азчерыба. – 1967.
7. Наумов В.Н. Описание к Авторскому свидетельству на изобретение № 315712. Масса для изготовления теплоизоляционного материала. [Текст] / В.Н. Наумов, М. К. Шаровар // Москва. – 1971. – №29.
8. Наумов В.Н. Временные технические условия на изготовление и применение теплоизоляционных плит из морской травы зостеры, гидролизного лигнина и лигносульфонатового концентрата [Текст] / В.Н. Наумов // Запорожье, комбинат «Запорожстрой», 1975. – 16 с.

References

1. Chugunov N.A. Preliminary results of the productivity research of the Sea of Azov. Proceedings of the Azov - Black Sea Scientific - Industrial expedition. [Text]: Dis. of the Doctor. of architect. science / N.A. Chugunov - Kerch, 1926. - 197 p.
2. Morozova-Vodyanitskaya N.V. Industrial reserves of Sevastopol Biological Station. [Text] / N.V. Morozova-Vodyanitskaya // - Sevastopol, 1936. – 56 p.

3. Morozova-Vodyanitskaya N.V. Eelgrass as an object of craft in the Black Sea / N.V. Morozova-Vodyanitskaya // Sevastopol, Nature. - 1939. - №8.
4. Miroshnikov V.N. Eelgrass as an industrial raw material / V. Miroshnikov. // Journal of Applied Chemistry. - X e. – Volume XII
5. Rybev I.A. Construction materials on astringent basis (Synthetic construction conglomerate) textbook [Text] / I.A. Rybev // Moscow. High School, 1978. – 307 p.
6. Naumov V.N. New heat insulating material. Sheet of technical information [Text] / V.N. Naumov, I.M. Mogilevskiy. // Azcheryba – 1967.
7. Naumov V.N. Description for an inventor's certificate № 315712. Mass for heat-insulating material producing. [Text] / V.N. Naumov, M.K. Sharovar // Moscow. - 1971. - №29.
8. Naumov V.N. Temporary technical conditions for the production and application of insulation plates from the Zostera seagrass, hydrolysis lignin and lignosulphonic concentrate [Text] / V.N. Naumov // Zaporozhye, "Zaporozhstroy", 1975. – 16 p.

Рецензент: доктор технічних наук, професор В.А. Банах, Запорізька державна інженерна академія, Запоріжжя.

Автор: МАЛЬОВАНІЙ Ілля Вікторович
Запорізька державна інженерна академія, Запоріжжя
кандидат технічних наук, доцент.
E-mail – malil@mail.ru

Автор: ШАРОВАР Михайло Кирилович
Запорізька державна інженерна академія, Запоріжжя
кандидат технічних наук, доцент.

Автор: АФАНАСЬЄВ Віктор Валерійович
Запорізька державна інженерна академія, Запоріжжя
аспірант кафедри ПЦБ.
E-mail – afanasevwww@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ МОРСКОЙ ТРАВЫ

И.В. Малёваный, М.К. Шаровар, В.В. Афанасьев

В работе проводится исследование теплоизоляционного материала, заполнителем которого является морская трава. Для выбора рационального вида связующего у наших исследований было применено органические (ПВА-эмульсия и целлюлоза) и неорганические (жидкое стекло, цемент, известь) связующие вещества.

Было проведено сравнение полученных образцов на разных видах связующего. Построено зависимости плотности образцов и прочности на сжатие при 10%-й деформации от содержания связующего. Для сравнения с другими природными утеплителями определены основные физико-механические характеристики полученного материала. Полученный материал – экологически чистый, имеет хорошие теплоизоляционные способности. Производство теплоизоляционных плит с такого материала позволит утилизировать сотни тысяч тонн морской травы и составит должную конкуренцию существующим утеплителям.

Ключевые слова: энергоэффективный теплоизоляционный материал, морская трава, жидкое стекло, коэффициент теплопроводности, огнестойкость.

RESEARCH OF TECHNOLOGICAL AND OPERATIONAL PROPERTIES OF ENERGY- EFFICIENT HEAT INSULATION MATERIAL ON THE EELGRASS BASIS

I.V. Malovaniy, M.K. Sharovar, V.V. Afanasyev

Insulation material gained on the basis of local raw materials is considered in a paper. Sea grass has been used as a filler in the experimental compositions. In our experimental studies we have used organic (PVA emulsion and cellulose) and inorganic (liquid glass, cement, lime) substances in order to choose the best type of binder.

It was found that sea grass has a low bulk density and fibrous structure, a large mechanical strength, resistance, and also does not rot, burn, and can not be damaged by microorganisms and rodents.

Also eelgrass maintains its physical and mechanical properties for millennia. A comparison of the samples on different types of binder is done. The dependences of density samples and compressive strength at 10% deformation content of binder are established. To be able to compare with other heaters the basic physical and mechanical properties have been defined: bulk density – 200-600 kg / m³, thermal conductivity coefficient – 0,049-0,087 W / m · K, ultimate tensile strength in compression – 0,246-0,294 MPa, ultimate tensile strength in bending – 0,21-2,24MPa, border tensile strength – 0,025-0,056 MPa.

The resulting material is environmentally friendly, has high heat insulation properties. Production of heat insulation plates of such material will make the first steps in resolving the energy crisis in Ukraine and in the whole world and can allow recycle hundreds of thousands tons of sea grass. This material will compete with existing insulation materials.

Keywords: energy efficient insulation material, sea grass, liquid glass, thermal conductivity coefficient, fire resistance.