УДК 687:173

Т.О. КУЗЬМІНА, Ю.В. БЕРЕЗОВСЬКИЙ, Б.М. ЄДИНОВИЧ

Херсонський національний технічний університет

АНАЛІЗ ЯКОСТІ ГІДРОКОСТЮМІВ З НЕОПРЕНУ

T. KUZMINA, YU. BEREZOVSKY, B. YEDYNOVYCH

Kherson National Technical University

ANALYSIS OF THE QUALITY OF NEOPREN WETSUITS

<https://doi.org/10.36910/6775-2310-5283-2022-15-18>

Мета роботи – проведення комплексних досліджень асортименту гідрокостюмів різного призначення та оцінювання їхньої якості з використанням органолептичних та інструментальних методів.

Методика. При виконанні дослідження були використанні сучасні методи збору та аналізу інформації, системного підходу, експертних оцінок, математичної статистики та логічного узагальнення.

Результати. Для розвитку спорту і активних видів відпочинку актуальними є перспективні розробки більш ергономічних гідрокостюмів для різних сфер застосування: плавання, серфінг, рибальство, підводне полювання й ін. Для цього в роботі проведено комплексний аналіз спеціального захисного одягу найбільш популярних світових та вітчизняних брендів, що використовуються у водному середовищі з точки зору повноти задоволення споживачів та перспективних тенденцій розвитку цієї сфери. Проаналізовано основні фізичні властивості неопрену різних фірм-виробників, що використовується для виготовлення гідрокостюмів. У роботі проведено товарознавче дослідження найбільш популярних моделей гідрокостюмів для будь-яких цілей та уподобань провідних фірм-виробників, представлених на ринку України та світу. Згідно з оглядом ринку, до рейтингу виробників якісних гідрокостюмів можна віднести вироби від таких фірм як: O'Neill, Scubapro, AquaLung, Oceanic (США); Mares, Cressi, O.M.E.R., Arena (Італія); Beuchat (Франція). Відмічено високі теплоізоляційні, фізико-механічні, ергономічні та естетичні властивості гідрокостюмів цих брендів.

За результатами дослідження показників якості гідрокостюмів методом експертної оцінки встановлено, що найбільш значущими серед них є такі: відповідність спеціального захисного одягу сезону, сфері застосування та умовам експлуатації, товщина матеріалу, коефіцієнт теплопровідності матеріалу, відповідність виробу розмірній та повотно-віковій групі людини, припустимий час безперервного користування, кількість занурювань зі збереженням захисних властивостей, рівень технічного виконання виробу, зручність у користуванні, розривне зусилля шва, зручність

надягання та знімання. Ці показники можуть бути рекомендовані споживачам як критерії під час вибору гідрокостюму.

Наукова новизна. Полягає в тому, що науково обґрунтована номенклатура показників якості гідрокостюмів та композиційних матеріалів для їх виготовлення.

Практична значимість. На основі проведених досліджень споживчих властивостей та показників якості гідрокостюмів мокрого типу розроблено рекомендації щодо врахування їх при проектуванні та виборі виробу споживачами у торговельних мережах та інтернет-магазинах.

Ключові слова: неопрен, відкрита пора, гідрокостюм, покриття, деформація, експертна оцінка.

Постановка проблеми у загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Водне середовище планети вже давно є предметом наукових досліджень і простором для активного відпочинку. Комплект спеціального одягу для запобігання втрати тепла тілом людини в умовах водного середовища включає гідрокостюм та інші спеціальні предмети одягу. Гідрокостюм захищає поверхню тіла людини від різних механічних пошкоджень при контакті з кам'янистим дном, черепашками, коралами, жорсткою рослинністю тощо, а іноді і від сонячних опіків, наприклад, у тропіках. Такі костюми використовують для дайвінгу, каякінгу, підводного полювання та для робіт різних спецслужб.

Актуальність проблеми обумовлюється тим, що в результаті постійного розширення сфери діяльності людини у нашій країні значно зріс попит на різні види спортивного та спеціального одягу. Технічний прогрес, розвиток різних галузей, різке збільшення техногенних катастроф, зміна кліматичних умов, а також доступність підводного плавання (дайвінгу) для широкого кола споживачів вимагають створення якісного спеціального одягу для захисту життя людини в екстремальних умовах.

Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано вирішення проблеми. Створенню якісного та ефективного спеціального захисного одягу для дайвінгу присвячено роботи вітчизняних Клібанської О.М., Зубкової Л.І. [1, 2], де виконано аналіз умов експлуатації гідрокостюмів, що полягає у вивченні характеру дій людини у водному середовищі та факторів, що впливають на неї під час занурень, розроблені рекомендації щодо створення раціональних конструкцій гідрокостюмів мокрого типу. Роботи зарубіжних вчених M. Naebbe, N. Robins, X. Wang, P. Collins [3], де були досліджені експлуатаційні характеристики найпопулярніших гідрокостюмів. О. Болотін

та В. Бакаєв [4] досліджували нові підходи до розробки теплозахисних гідрокостюмів для плавців на довгі дистанції, що змагаються у відкритій воді. Разом з тим мало уваги приділяється вивченню якісних показників гідрокостюмів з точки зору споживача та розробки рекомендацій споживачам щодо критеріїв, які треба враховувати під час обрання гідрокостюму.

Тому, актуальними є проведення аналізу ринку захисного одягу для використання у водному середовищі, оцінювання його якості та досліджень у системі «людина – спеціальний одяг – водне середовище», що направлені на вдосконалення процесу виробництва спеціального захисного одягу для дайвінгу та інших видів активного відпочинку.

Цілі статті. Метою статті є проведення комплексних досліджень асортименту гідрокостюмів різного призначення та оцінювання їхньої якості з використанням органолептичних та інструментальних методів.

Об'єкт дослідження – захисний одяг для використання у водному середовищі та матеріали для його виробництва.

Методи дослідження. Результати проведених досліджень були отримані з використанням сучасних методів збору та аналізу інформації, системного підходу, експертних оцінок, математичної статистики та логічного узагальнення.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Дайвінг поділяють на спортивний та технічний. Спортивними видами займаються у спеціалізованих клубах, а інформація про технічний дайвінг є засекреченою.

Ще в 1953 році був винайдений гідрокостюм із спіненої гуми. На сьогоднішній день з неопрену різної товщини та щільності виробляються гідрокостюми та аксесуари для дайвінгу, серфінгу, рафтингу, та підводного полювання. Костюм складається з неопрену – спіненої гуми (неопрену). Слово неопрен – це торгова марка компанії «DuPont». Правильна назва матеріалу – хлоропрен. Пухирці в гумі заповнені не повітрям, а азотом, що дозволяє досягти кращої теплоізоляції. Зовні неопрен може бути покритий тканиною (англ. lining) або пофарбований (painting). Усередині мисливський або фрідайверський костюм, швидше за все, матиме відкриту пору (open cell) або напилення на неї (coating) [5,6]. Зовнішнє тканинне покриття використовується для захисту неопрену від порізів (камінням, гілками тощо). Щодо неопрену використовують такі поняття:

«Відкрита пора» – комірки на поверхні листа розкриті.

«Закрита пора» або «гладка» – комірки на поверхні листа цілісні.

Дублювання: одно- або двостороннє покриття тканинним полотном трикотажної в'язки з різних матеріалів.

Матеріали покриттів, що використовуються при дублюванні: нейлон (Nylon) – найпоширеніший матеріал. Економічний, широка кольорова гама.

Лайкра (Lycra) – збільшує розтяжність, опір до стирання, покращує естетичні та ергономічні характеристики. Широка кольорова гама.

Плюш (plush, towelling) – створює комфорт і ефективніший теплозахист.

Бавовна – комфорт, хороша еластичність.

Mesh – сітка із синтетичних волокон, збільшує розривні характеристики, знижує еластичність.

ARMATEX, KEVLAR, NOMEX, VELCRO та інші армовані матеріали – збільшують стійкість до проколів, порізів, стирання.

Відкрита пора складається з бульбашок гуми, що розрізають навпіл, де кожен з них працює як маленька присоска (рис. 1). Цей матеріал, присмоктуючись до шкіри, значно покращує термоізоляцію, він набагато тепліший за своїх побратимів з тканиною всередині. Щоб одягнути костюм із відкритою порою, обов'язково використовується мильна вода. Внутрішнє наплення трохи полегшує одягання костюму, і покращує теплоізоляційні властивості [5].

Рисунок 1. Неопрен з відкритою порою

Аналіз умов експлуатації спеціального захисного одягу дозволив встановити, що під час занурень під воду, людина піддається впливу складного комплексу небезпечних шкідливих чинників: мікрокліматичні умови водойм, специфічних умов занурень та підводного плавання при

понижених температурах середовища, небезпечні тварини та рослини [7, 8]. Захист від дії цих факторів можливий лише завдяки використанню спеціального захисного одягу.

Високоякісний неопрен не пропускає повітря і воду. Має низьку абсорбуючу здатність – не більше 2 % від своєї ваги. Дуже еластичний – відносно подовження без порушень структури знаходиться на рівні 150-200%. Діапазон температур експлуатації становить від -50 °C до 100 °C. Товщина неопрену може бути від 2,0 мм до 9,0 мм з кроком в 0,5 мм. Відповідно до температурного діапазону використання, неопрени поділяють за товщиною на три групи з товщиною 2-3 мм (24 ± 4 °C), з товщиною 5-7 мм (16 ± 4 °C) та з товщиною 7-9 мм (8 ± 4 °C) [6].

Неопрен для пошиття гідрокостюмів виробляється головним чином в Японії, Тайвані, Південній Кореї, Китаї, Німеччині. Самими якісними і, відповідно, дорогими є сорти неопрену від таких японських виробників, як Yamamoto, National, Heiwa, Daiwabo. Гідрокостюми найчастіше шийються з неопрену тайванських брендів Sheico і Nam Liong. У Південній Кореї виробляють неопрен Jaso і MRSP. Раніше досить популярними були гідрокостюми з німецького неопрену Sedo, який мав високі теплоізоляційні властивості, але демонстрував погані показники за ступенем компресії. Sedo і Nam Liong суб'єктивно вважається найтеплішими сортами неопрену. При цьому вони самі недовговічні. Гідрокостюми з Sedo і Nam Liong всідаються буквально після двох сезонів помірної експлуатації. Відповідно, неопрен, який всівся, втрачає в товщині і стає тонше і холодніше. Sheico зустрічається майже у 2/3 гідрокостюмів, що серійно випускаються. Для пошиття гідрокостюмів для підводного полювання в основному використовуються два типи цього неопрену: Sheico L (дуже часто) і тип Sheico S (рідше).

Характерна особливість неопрену «Yamamoto» є застосування при виробництві ацетилену місцевого вапняку, який складається на 99,7 % з карбонату кальцію, що дозволило здешевити виробництво і підвищити якість продукції.

Новою цікавою розробкою «Yamamoto» є інноваційний матеріал «метал – SCS» (Super Composite Skin – суперкомпозитна шкіра). Це неопрен, на поверхню якого нанесена методом напилення спеціальна плівка. Основою такого покриття є метал із високим рівнем корозійної стійкості. Використовується навіть золото, але найкращі результати показує титан. Якщо порівняти звичайний неопрен «smoothskin» і SCS – вони дуже схожі,

але рівень тертя для звичайного неопрену набагато вищий. Коефіцієнт динамічного тертя для сухого SCS становить 0,35, для звичайного неопрену – 5,0. Різницю особливо видно, коли матеріали мокрі – 0,32 для SCS та 4,0 для неопрену.

Порівняльну характеристику неопрену різних фірм-виробників за основними фізичними властивостями наведено у таблиці 1.

Багато хто купує неопрен «Yamamoto» лише для найкращих моделей колекції. Серед постійних замовників: «Aqua Lung», «Beuchat», «Henderson», «Cressi», «Whites», «Scubapro» та деякі інші компанії [9].

Враховуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що надійність та довговічність дайверського спорядження залежать, насамперед, від якості неопрену. Один і той же бренд може виробляти піну різної якості, і у кожного виробника є своя класифікація, за допомогою якої він ранжує свій матеріал за рівнем м'якості та якості. Чим м'якше гума, тим швидше відбувається її витончення та зношування.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика неопрену різних фірм-виробників за основними фізичними властивостями

Фірма-виробник	Теплоізоляція на глибинах до 20 м	Теплоізоляція на глибинах 20-40 м	Теплоізоляція на глибинах 40-60 м	Комфорт	Зносостійкість
1	2	3	4	5	6
Heiwa високої густини	100%	100 %	90 %	60 %	100 %
Heiwa середньої густини	100 %	90 %	80 %	80 %	100 %
Heiwa низької густини	100 %	50 %	20 %	80 %	90 %
Yamamoto 45	100 %	80 %	60 %	100 %	90 %
Sheico середньої густини	100 %	50 %	20 %	70 %	80 %
Nam Liong низької густини	100 %	50 %	20 %	80 %	80 %

Гідрокостюм є спецодягом для любителів підводного полювання, серфінгу, дайвінгу та іншої діяльності, пов'язаної з дослідженням морських

та річкових глибин. Головне його призначення – теплоізоляція, захист від травм, зниження впливу водного середовища на організм людини [7, 8].

Гідрокостюми поділяються за типами [9].

1. Сухі – водонепроникні. Такий костюм повністю водонепроникний. Може виготовлятися як з неопрену так і з водонепроникної тканини. Здебільшого використовується для тривалого знаходження у холодній (нижче 15°) воді. Найчастіше гідрокостюм шиється на замовлення, оскільки повинен відповідати фігурі. Виріб має шланг, через який повітря проникає усередину.

2. Мокрі – що забезпечують теплоізоляцію при зануренні у холодну воду. Це найпоширеніший варіант, оскільки його можна використовувати при температурному режимі від десяти до тридцяти градусів. Волога проникає в районі шиї, ніг, зап'ясть, блискавки та швів і при відсутності циркуляції нагрівається за рахунок тепла людського тіла, забезпечуючи таким чином комфортні умови для дайвера. Але на початку занурення виникає певний дискомфорт, оскільки вода усередині костюму ще холодна. Мокрі моделі поділяються на: не дубльовані («голі»), з одностороннім дублюванням, з двостороннім дублюванням, комбіновані. Костюми з одностороннім дублюванням найпоширеніші, оскільки зовнішній шар тканини добре захищає від пошкоджень, а внутрішня поверхня має відкриті пори, які прилипають до тіла і не пускаючи воду усередину костюма. При невеликих порізах вода локалізується в місці дірки і не розповсюджується по всьому костюму.

У підводних мисливців має попит одностороння модель, зовнішня оболонка якої досить міцна. Зовнішня поверхня таких костюмів може мати камуфляжне забарвлення. Гідрокостюми для фрідайвінгу доволі тонкі і еластичні, що забезпечує мінімальні втрати енергії при зануренні на великі глибини.

3. Напівсухі – вода попадає у незначній кількості. Від мокрих вони відрізняються наявністю манжетів та герметичної блискавки. Незважаючи на покращену герметизацію, дані модифікації важко назвати універсальними.

У роботі проведено товарознавче дослідження, найбільш популярних моделей для будь-яких цілей та уподобань провідних фірм-виробників, представлених на ринку України та світу.

Згідно з оглядом ринку, до рейтингу виробників якісних гідрокостюмів можна віднести вироби від таких фірм як: O'Neill, Scubapro, AquaLung, Oceanic (США); Mares, Cressi, O.M.E.R., Arena (Італія); Beuchat (Франція).

Опитування, проведене серед членів Федерації підводного плавання м. Херсону, виявило, що найбільш популярними є моделі Marlin (Україна), Scubapro, AquaLung, (США); Mares, Cressi, O.M.E.R., (Італія); Beuchat (Франція). Дані бренди, а також інші перераховані вище, зарекомендували себе як лідери у своєму сегменті, в тому числі завдяки використанню неопрену від кращих виробників: Yamamoto, Sheico і Nam Liong. Також треба відмітити високі теплоізоляційні, фізико-механічні, ергономічні та естетичні властивості гідрокостюмів цих брендів.

Вивчення умов експлуатації, видів та особливостей діяльності людини у водному середовищі, дозволили визначити вимоги до гідрокостюмів [7, 8, 10]. Гідрокостюми мокрого типу, що призначені для використання у водному середовищі при здійсненні аматорських видів дайвінгу, а саме, пізнавального та фото-, кіно-, відео зйомки повинні:

- бути стійкими до тривалого впливу сонячних променів;
- забезпечувати щільне прилягання до тіла людини без утворення складок та «повітряних» кишень;
- мати мінімально необхідну кількість ліній членування, які не повинні здійснювати тиск на тіло людини в місцях розташування лімфатичних вузлів;
- забезпечувати комфортні умови перебування людини у водному середовищі при експлуатації в діапазоні температур від 6 до 28 °С;
- плавучість гідрокостюму не повинна зменшуватись більше ніж на 5 % після занурення його в прісну воду на 24 години;
- забезпечувати самостійне одягання гідрокостюму без сторонньої допомоги;
- забезпечувати необхідну свободу рухів на поверхні води та під водою;
- бути стійким до дій розривального та стирального характеру;
- забезпечувати високі ергономічні показники;
- для підвищення зносостійкості повинні бути передбачені налокітники та наколінники;
- стикові шви гідрокостюмів мокрого типу повинні бути склеєними та обробленими двонитковим човниковим потайним стібком;

- відкриті зрізи повинні бути оброблені обметувальними стібками або еластичною стрічкою;
- мати естетичний зовнішній вигляд.

Складність завдання розробки, оцінки якості та виготовлення гідрокостюмів для споту та активного відпочинку полягає у відсутності на даний час в Україні нормативної бази щодо визначення загальних технічних вимог до них, затвердженого переліку показників якості та методів випробування. Існує нормативна база лише для професійних страхувальних та рятувальних гідрокостюмів [11-13]. Методи випробування, наведені у цих документах, потребують спеціального обладнання та професійних випробувачів. На сьогодні споживачі під час вибору гідрокостюму орієнтуються на інформацію та гарантії від виробника, наукові дослідження, на досвід членів клубів любителів підводного спорту а також авторитет бренду на світовому чи національному ринках.

Проведений аналіз науково-технічної та нормативно-технічної літератури, дозволив визначити перелік значущих показників якості спеціального захисного одягу для використання у водному середовищі. Їхній перелік за групами споживних властивостей наведено на рис. 2.

Виходячи з вищенаведеного, в роботі проведено експертне опитування серед членів Федерації підводного спорту Херсонської області для визначення найбільш значущих показників якості гідрокостюмів з точки зору повноти задоволення споживачів та перспективних тенденцій розвитку цієї сфери. Було використано метод експертної оцінки. Кількість експертів – 10.

Експертну оцінку проведено шляхом анкетного опитування [10, 14], до анкети були внесені показники якості, кодовані наступним чином:

- відповідність спеціального захисного одягу сезону, сфері застосування та умовам експлуатації (x_1);
- відповідність виробу розмірній та повотно-віковій групі людини (x_2);
- кількість занурювань зі збереженням захисних властивостей (x_3);
- залишкова деформація (x_4);
- кількість циклів стирання за площиною (x_5);
- кількість циклів стирання на згинах (x_6);
- опір проколюванню (x_7);
- розривне зусилля шва (x_8);
- маса виробу (x_9);
- товщина матеріалу (x_{10});

- коефіцієнт теплопровідності матеріалу (x_{11});
- припустимий час безперервного користування (x_{12});
- зручність у користуванні (x_{13});
- зручність надягання та знімання (x_{14});
- рівень художньо-кolorистичного оформлення виробу (x_{15});
- рівень технічного виконання виробу (x_{16});
- бактерицидність виробу (x_{17}).

Рис.2. Номенклатура значущих показників якості гідрокостюмів

Експертам було запропоновано визначити, яке місце, на їх думку, займає певний показник якості гідрокостюму у загальному переліку.

Матрицю рангів наведено в таблиці 2.

Коефіцієнт конкордації дорівнює:

$$\omega = \frac{12S}{m^2(k^3 - k) - m \sum_{i=1}^m T_i} = \frac{12 \cdot 36834}{100(4913 - 17) - 10 \cdot 48} = 0,9037, \quad (1)$$

де ω – коефіцієнт конкордації;

m – кількість експертів;

k – кількість факторів;

R_{ij} – ранг j -го фактору, який присвоєний i -м експертом.

Таблиця 2. Матриця апіорного ранжування оцінки гідрокостюмів

m	Фактори (k = 17)																	T_j
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	x ₁₁	x ₁₂	x ₁₃	x ₁₄	x ₁₅	x ₁₆	x ₁₇	
1	16,5	11	12	5	8,5	3	6	7	4	16,5	15	13	14	8,5	1	10	2	12
2	14,5	16	8	4	6	5	9	11	2	17	14,5	12	10	7	1	13	3	6
3	17	14	12	5	6	3	10	9	4	16	15	11	7	13	2	8	1	0
4	16,5	11	13	3	7	4	6	12	2	14	16,5	15	9,5	8	1	9,5	5	12
5	17	14	13	7	6	2	5	8	4	15	16	11	9	10	1	12	3	0
6	16	15	12	7	8,5	5	4	6	2	17	14	11	10	8,5	3	13	1	6
7	17	13	10	3	8	4	9	7	5	16	14	15	12	6	1	11	2	0
8	16	15	14	4	8	2	6	9	3	17	13	12	10,5	7	1	10,5	5	6
9	15,5	17	11	7	5	4	8	12	2	15,5	13	14	10	6	1	9	3	6
10	17	15	13	5	3	6	7	11	4	14	16	12	8	9	1	10	2	0
$\sum_{i=1}^m R_{ij}$	163	141	118	50	66	38	70	92	32	158	147	126	100	83	13	106	27	$\Sigma T_j = 48$
Δ_i	73	51	28	-40	-24	-52	-20	2	-58	68	57	36	10	-7	-77	16	-63	-
$(\Delta_i)^2$	5329	2601	784	1600	576	2704	400	4	3364	4624	3249	1296	100	49	5929	256	3969	S = 36834

Оскільки величина коефіцієнта конкордації наближена до одиниці, то можна вважати, що між думками дослідників є істотний зв'язок.

Однак дослідники неоднаково ранжують фактори, тому ω відрізняється від одиниці. Значимість коефіцієнта конкордації перевіряли за χ^2 –критерієм [14].

Розрахункове значення $\chi^2_{розр}$ дорівнює:

$$\chi^2_{розр} = \frac{12 \cdot S}{m \cdot k \cdot (k+1) - \frac{1}{k-1} \sum_1^m T_j} = \frac{12 \cdot 36834}{100 \cdot 17 \cdot (17+1) - \frac{1}{17-1} \cdot 48} = 14,45, \quad (2)$$

де $T_j = \sum (t_j^3 - t_j)$ – сума рангів;

t_j – кількість однакових рангів в j -му ранжуванні.

Відповідно до табличних даних для 5 %-го рівня значимості при числі ступенів свободи $f = 17 - 1 = 16$, $\chi^2_{табл} = 26,296$ [14].

У зв'язку з тим, що табличне значення χ^2 –критерію менше розрахункового, можна з 95 %-вою довірчою ймовірністю стверджувати, що висновки різних експертів щодо ступеня впливу факторів узгоджуються між собою, при цьому коефіцієнт конкордації дорівнює 0,9037. Це дозволяє побудувати середню апіорну діаграму рангів для розглянутих факторів (рис. 3).

Рисунок 3. Апіорна діаграма рангів оцінки гідрокостюму

Таким чином, результати експертної оцінки показали, що серед властивостей спеціального захисного одягу для використання у водному середовищі суттєво значущими є такі показники як відповідність спеціального захисного одягу сезону, сфері застосування та умовам експлуатації (x_1); товщина матеріалу (x_{10}); коефіцієнт теплопровідності матеріалу (x_{11}); відповідність виробу розмірній та повнотно-віковій групі людини (x_2); припустимий час безперервного користування (x_{12}); кількість занурювань зі збереженням захисних властивостей (x_3); рівень технічного виконання виробу (x_{16}); зручність у користуванні (x_{13}); розривне зусилля шва (x_8); зручність надягання та знімання (x_{14}), що займають на думку експертів перші 10 місць переліку та представляють вимоги призначення, надійності, ергономічності та естетичності виробу. Саме ці показники якості можна рекомендувати як критерії під час вибору гідрокостюму споживачами.

Враховуючи необхідність гідрокостюмів мати високу теплоізоляційну здатність, і, в той же час, бути достатньо гнучкими, щоб не обмежувати рухів тіла, вченими постійно проводяться дослідження цих властивостей.

Оцінка міцності на розтяг показала, що піна неопрену міцна, було виявлено, що неопрен є гідрофобним з дуже низькою поверхневою енергією. Гідрокостюми високого класу з більшою товщиною показали дещо вищий термічний опір, ніж гідрокостюми низького класу, це вказує, що як товщина, так і об'ємна щільність неопрену впливають на теплоізоляційні властивості.

Останні дослідження показують, що застосування сучасних методів оцінки теплоізоляційних характеристик гідрокостюму забезпечує найбільш точний вибір матеріалу для виготовлення гідрокостюму.

При цьому застосування термічних манекенів [15] дозволить уникнути залучення випробувачів, таким чином значно скорочуючи фінансові витрати і виключаючи суб'єктивні фактори.

Гідрокостюми зазвичай виготовляються з неопрену, синтетичного каучуку, отриманого з нафти, який не підлягає ні переробці, ні біорозкладанню. Деякі бренди, наприклад Patagonia, намагаються замінити неопрен на більш «екологічні» матеріали (Yulex, EicoPrene тощо). Інші, наприклад, компанії Téorun та Finisterre, розробляють інноваційні способи повторного використання гідрокостюмів. Але досі немає способу переробки гідрокостюму після закінчення терміну його служби [16, 17].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведено аналіз матеріалів для виготовлення спеціального одягу, що використовується у

водному середовищі. Встановлено, що основним матеріалом для виготовлення сучасних гідрокостюмів є неопрен різної товщини та щільності та проаналізовано екологічні проблеми перероблення вже використаних гідрокостюмів.

У роботі проведено товарознавче дослідження найбільш популярних моделей для будь-яких цілей та уподобань провідних фірм-виробників, представлених на ринку України та світу. Згідно з оглядом ринку, до рейтингу виробників якісних гідрокостюмів можна віднести вироби від таких фірм як: O'Neill, Scubapro, AquaLung, Oceanic (США); Mares, Cressi, O.M.E.R., Arena (Італія); Beuchat (Франція). Відмічено високі теплоізоляційні, фізико-механічні, ергономічні та естетичні властивості гідрокостюмів цих брендів.

За результатами дослідження показників якості гідрокостюмів методом експертної оцінки встановлено, що найбільш значущими серед них є такі показники: відповідність спеціального захисного одягу сезону, сфері застосування та умовам експлуатації, товщина матеріалу, коефіцієнт теплопровідності матеріалу, відповідність виробу розмірній та повнотновіковій групі людини, припустимий час безперервного користування, кількість занурювань зі збереженням захисних властивостей, рівень технічного виконання виробу, зручність у користуванні, розривне зусилля шва, зручність надягання та знімання. Ці показники можуть бути рекомендовані споживачам як критерії під час вибору гідрокостюму.

Для проведення подальших досліджень з розробки нових гідрокостюмів необхідно залучати фахівців з фізіології фізичних вправ, термообміну, програмування, спортивної метрології.

Список використаних джерел

1. Клібанська О.М., Зубкова Л.І. Дослідження особливостей конструктивного устрою та технології виготовлення гідрокостюмів «мокрого» типу. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2007. №5. С. 120-124.
2. Клібанська О.М., Зубкова Л.І. Розробка класифікації конструктивних прибавок для проектування гідрокостюмів «мокрого» типу. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2006. № 2. С. 126-131.
3. Naebea M., Robins N., Wang X., Collins P. [Assessment of performance properties of wetsuits URL: https://www.researchgate.net/publication/260248710_Assessment_of_performance_properties_of_wetsuits?enrichId=rgreq-167f372680ab9ed7089eee40c8a815b0-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI2MDI0ODcxMDtBUzoxNDQ0NzQyNjkyOTQ2MD

RAMTQxMTQ1Njc1ODk2Nw%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf (дата звернення: 27.11.2021).

4. Bolotin, A., Bakayev, V. New Approaches to Thermal Protection Wetsuits Development for Long-distance Swimmers Competing in Open Water. In Proceedings of the 8th International Conference on Sport Sciences Research and Technology Support (icSPORTS 2020), pages 223-227.

5. Эксли Ш. Азбука выживания. Основы безопасного плавания с аквалангом в пещерах. М.: Астрал, 2002. 246 с.

6. Романов В.Е. Системный подход к проектированию специальной одежды. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 128 с.

7. Виды неопрена для гидрокостюмов. URL: <https://batiur.ru/articles/stati/osnovnye-raznovidnosti-neoprena-dlya-gidrokostyumov> (дата звернення: 16.11.2021).

8. Неопрен. URL: https://star-tex.ru/article/tkan_neopren/ (дата звернення: 16.11.2021).

9. Обзор гидрокостюмов. URL: <https://wateria.ru/statii/2017/01/24/obzor-gidrokostyumov/> (дата звернення: 19.11.2021).

10. Клібанська О.М., Зубкова Л.І. Дослідження шляхів підвищення технологічності гідрокостюмів «мокрого» типу для використання у водному середовищі. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2005. Т.2. №6. С. 178-183.

11. EN ISO 15027-1:2012 Immersion suits – Part 1: Constant wear suits, requirements including safety (ISO 15027-1:2012) URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/6919ab5e-2426-46ab-9c03-59c59ee5cc4b/en-iso-15027-1-2012> (дата звернення: 27.11.2021).

12. EN ISO 15027-2:2012 Immersion suits – Part 2: Abandonment suits, requirements including safety (ISO 15027-2:2012) URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/ec24d085-e916-46d1-850a-96432f579473/en-iso-15027-2-2012> (дата звернення: 27.11.2021).

13. EN ISO 15027-3:2012 Immersion suits – Part 3: Test methods (ISO 15027-3:2012) URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/8d710151-21ea-4ec9-9150-eff86a4dbdaa/en-iso-15027-3-2012> (дата звернення: 27.11.2021).

14. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности: Учебник для вузов текстильной промышленности. М.: Лёгкая индустрия, 1980. 392 с.

15. Mandal S., Annaheim S., Camenzind M. and Rossi R. (2017). Evaluation of thermophysiological comfort of clothing using manikins. *Manikins for Textile Evaluation*, pp. 115-140.

16. The world's first recyclable wetsuit <https://finisterre.com/blogs/broadcast/wetsuits-from-wetsuits-update> URL: <https://finisterre.com/blogs/broadcast/wetsuits-from-wetsuits-update> (дата звернення: 30.11.2021).

17. Нові матеріали для гідрокостюмів. URL: <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8968209&fileId=8968225> (дата звернення: 27.11.2021).

References

1. Klibanskaya O.M., Zubkova L.I. (2007) Doslidzhennya osoblyvostey konstruktivnoho ustroyu ta tekhnolohiyi vyhotovlennya hidrokostyumiv «mokroho» typu. [Research of features of a constructive device and technology of manufacturing of wetsuits of «wet» type]. *Visnyk Kyivsk'oho natsional'noho universytetu tekhnolohiy ta dyzaynu*. [Bulletin of Kyiv National University of Technology and Design]. №5. P. 120-124.

2. Klibanskaya O.M., Zubkova L.I. (2006) Rozrobka klasyfikatsiyi konstruktyvnykh prybavok dlya proektuvannya hidrokostyumiv «mokraho» typu. [Development of a classification of structural additives for the design of wetsuits of the «wet» type]. Visnyk Kyyivs'koho natsional'noho universytetu tekhnolohiy ta dyzaynu. [Bulletin of Kyiv National University of Technology and Design]. № 2. P.126-131.
3. Naebea M., Robins N., Wang X., Collins P. [Assessment of performance properties of wetsuits URL: https://www.researchgate.net/publication/260248710_Assessment_of_performance_properties_of_wetsuits?enrichId=rgreq-167f372680ab9ed7089eee40c8a815b0-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI2MDI0ODcxMDtBUzoxNDQ0NzQyNjkyOTQ2MDRAMTQxMTQ1Njc1ODk2Nw%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf (date of application: 27.11.2021).
4. Bolotin, A., Bakayev, V. New Approaches to Thermal Protection Wetsuits Development for Long-distance Swimmers Competing in Open Water. In Proceedings of the 8th International Conference on Sport Sciences Research and Technology Support (icSPORTS 2020), pages 223-227.
5. Exley Sh. (2002) Azbuka vyzhivaniya. Osnovy bezopasnogo plavaniya s akvalangom v peshcherakh. [Survival ABC. The basics of safe scuba diving in caves]. Astral, Moscow, Russia.
6. Romanov V.E. (1981) Sistemnyy podkhod k proyektirovaniyu spetsial'noy odezhdy. [A systematic approach to the design of special clothing]. Light and food industry, Moscow, Russia.
7. Vidy neoprena dlya gidrokostyumov [Types of neoprene for wetsuits]. URL: <https://batiur.ru/articles/stati/osnovnye-raznovidnosti-neoprena-dlya-gidrokostyumov> (date of application: 16.11.2021).
8. Neopren. [Neoprene]. URL: https://star-tex.ru/article/tkan_neopren/ (date of application: 16.11.2021).
9. Obzor gidrokostyumov. [Overview of wetsuits]. URL: <https://wateria.ru/statii/2017/01/24/obzor-gidrokostyumov/> (date of application: 19.11.2021).
10. Klibanskaya O.M., Zubkova L.I. (2005) Doslidzhennya shlyakhiv pidvyshchennya tekhnolohichnosti hidrokostyumiv «mokraho» typu dlya vykorystannya u vodnomu seredovyshchi. [Research of ways to increase the technology of wetsuits of the «wet» type for use in the aquatic environment]. Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu. [Bulletin of Khmelnytsky National University]. vol.2. №6. P. 178-183.
11. EN ISO 15027-1:2012 Immersion suits – Part 1: Constant wear suits, requirements including safety (ISO 15027-1:2012) URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/6919ab5e-2426-46ab-9c03-59c59ee5cc4b/en-iso-15027-1-2012> (date of application: 27.11.2021).
12. EN ISO 15027-2:2012 Immersion suits – Part 2: Abandonment suits, requirements including safety (ISO 15027-2:2012) URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/ec24d085-e916-46d1-850a-96432f579473/en-iso-15027-2-2012> (date of application: 27.11.2021).
13. EN ISO 15027-3:2012 Immersion suits – Part 3: Test methods (ISO 15027-3:2012) URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/8d710151-21ea-4ec9-9150-eff86a4dbdaa/en-iso-15027-3-2012> (date of application: 27.11.2021).
14. Sevostyanov A.G. (1980) Metody i sredstva issledovaniya mekhaniko-tekhnologicheskikh protsessov tekstil'noy promyshlennosti. [Methods and tools for the study of

mechanical and technological processes in the textile industry]. Logkaya industriya. [Light industry], Moscow, Russia.

15. Mandal S., Annaheim S., Camenzind M. and Rossi R. (2017). Evaluation of thermophysiological comfort of clothing using manikins. Manikins for Textile Evaluation, pp. 115-140.

16. The world's first recyclable wetsuit. URL: <https://finisterre.com/blogs/broadcast/wetsuits-from-wetsuits-update> (date of application: 30.11.2021).

17. Novi materialy dlya hidrokostyumiv. [New materials for wetsuits]. URL: <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8968209&fileId=8968225> (date of application: 27.11.2021).

Purpose. Conducting comprehensive research on the range of wetsuits for various purposes and assessing their quality using organoleptic and instrumental methods.

Methodology. The research used modern methods of collecting and analyzing information, a systematic approach, expert assessments, mathematical statistics and logical generalization.

Results. A wetsuit is a garment worn to provide thermal protection while wet. It is usually made of foamed neoprene, and is worn by surfers, divers, windsurfers, and others engaged in water sports. Its purpose is to provide thermal insulation and protection from abrasion, ultraviolet exposure, and stings from marine organisms.

To do this, a comprehensive analysis of special protective clothing of the most popular global and domestic brands used in the aquatic environment in terms of complete customer satisfaction and promising trends in this area was conducted.

The main physical properties of neoprene of different manufacturers used for the production of wetsuits are analyzed.

The commodity research of the most popular models for any purposes and preferences of the leading manufacturers represented in the market of Ukraine and the world is carried out in the work. According to the market review, the rating of manufacturers of quality wetsuits includes products from companies such as: O'Neill, Scubapro, AquaLung, Oceanic (USA); Mares, Cressi, O.M.E.R., Arena (Italy); Beuchat (France). High heat-insulating, physical-mechanical, ergonomic and aesthetic properties of wetsuits of these brands are noted.

According to the results of research of quality indicators of wetsuits by the method of expert evaluation it is established that the most significant among them are: compliance with special protective clothing of the season, scope and operating conditions, material thickness, thermal conductivity, compliance with size and age group use, number of immersions with preservation of protective properties, level of technical execution of a product, convenience in use, breaking force of a seam, convenience of putting on and removal. These indicators can be recommended to consumers as criteria when choosing a wetsuit.

Scientific novelty. It consists in the fact that the nomenclature of quality indicators of wetsuits and composite materials for their production is scientifically substantiated.

Practical significance. Based on the research of consumer properties and quality indicators of wet type wetsuits, recommendations have been developed to take them into account when designing and choosing a product by consumers in retail chains and online stores.

Keywords: neoprene, open cell, wetsuits, coating, deformation, expert evaluation.

Стаття рекомендована до друку доктором технічних наук,
професором ХНТУ Вальком М.І.

Дата надходження в редакцію 01.01.2022 р.