

МОЙСЕЄНКО С. І., ДОНЧЕНКО С. В., КУЛІШОВА А.І.

Київський національний університет технологій та дизайну

**ТЕРМІЧНИЙ ОПІР ХУТРЯНОГО ОДЯГУ**

**Мета.** Розширення інформаційної бази теплофізичних показників хутра, а саме термічного опору хутра довгошерстого кролика та червоної лисиці.

**Методика.** Для досягнення поставленої мети застосовано експериментальний метод дослідження термічного опору одягу шляхом непрямого вимірювання та імітації теплообміну тулуба людини з навколишнім середовищем при різних температурах без застосування кліматичної камери.

**Результати.** Предметом дослідження обрано хутра тварин, які користуються найбільшим попитом серед споживачів України. Проведено експериментальні дослідження теплопровідності хутряних жилетів, в результаті яких визначено їх термічний опір. Експериментальним шляхом встановлено, що термічний опір хутра довгошерстого кролика більший на  $0,1 \text{ } ^\circ\text{C m}^2 / \text{Вт}$  в порівнянні з хутром червоної лисиці. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що тепловий опір хутра червоної лисиці та довгошерстого кролика знаходиться в межах  $0,471 - 0,559 \text{ } ^\circ\text{C m}^2 / \text{Вт}$ .

**Наукова новизна.** Вперше визначено термічний опір жилетів з хутра довгошерстого кролика та червоної лисиці з урахуванням анатомічних рельєфів торсу людини. Адаптована існуюча методика визначення термічного опору швейних виробів на імітаційному тепловому стенді торсу людини (ІТСТЛ) до визначення термічного опору хутряних виробів.

Практична значимість. Розширення інформаційного забезпечення процесу прогнозування теплозахисних властивостей хутряного одягу. Зменшення матеріальних витрат на дослідження термічного опору хутряних виробів.

**Ключові слова:** хутряний одяг, хутро кролика, хутро лисиці, термічний опір, ІТСТЛ.

**THERMAL RESISTANCE OF FUR CLOTHES**

MOISEENKO S. I., DONCHENKO S. V., KULISHOVA A.I.

Kyiv National University of Technologies and Design

**Goal.** Improving the process of forecasting thermal protection of clothing by expanding the information base of thermophysical indicators of fur, namely its thermal resistance.

**Methodology.** To achieve this goal, an experimental method has been applied to study the thermal resistance of clothes by indirectly measuring and simulating heat transfer of the human body with the environment at various temperatures without using a climate chamber.

**Results.** The paper analyzes the existing information base for the thermophysical parameters of the fur of different animals, as a result of which it was found that the available information is not sufficient to predict the thermal protection of clothing. The subject of the study was selected fur animals that are in greatest demand among consumers in Ukraine. Experimental studies of the thermal conductivity of fur vests were carried out as a result of which their thermal resistance was determined. It has been established experimentally that the thermal resistance of the fur of a long-haired rabbit is  $0,1 \text{ } ^\circ\text{C m}^2/\text{W}$  more than that of a red fox. As a result of experimental studies, it was found that the total thermal resistance of red fox fur and long-haired rabbit is in the range of  $0,471$  to  $0,559 \text{ } ^\circ\text{C m}^2 / \text{W}$ .

**Scientific novelty.** For the first time, the thermal resistance of vests made of long-haired rabbit and red fox fur was determined taking into account the anatomical reliefs of the human torso. The existing methodology for determining the thermal resistance of garments on the simulated thermal stand of a human torso (ITSHB) to determine the thermal resistance of fur products has been adapted.

**Practical significance.** Extension of information support for the process of forecasting the heat-shielding properties of fur clothing. Reducing material costs for researching the thermal resistance of fur products.

**Keywords:** fur clothes, rabbit fur, fox fur, thermal resistance, Imitation Thermal Stand of the Human Body (ITSHB).

**Вступ.** Сьогодні, незалежно від того, що у світі поширюється рух «fur-free», використання хутряних виробів в країнах з холодним зимовим кліматом залишається актуальним питанням. Тому, що хутро характеризується високими теплозахисними властивостями та, разом з цим, є екологічно чистою продукцією. Як зазначалося у матеріалах IV Міжнародного форуму FUR Futures Ukraine, який відбувся у Київському національному університеті технологій та дизайну, Україна має позитивний досвід у виробництві хутра та виробів з нього. Так завдяки експорту хутряних виробів Україна в 2019 році реалізувала товарів на 7528 тис. дол. США [1]. З цього можна зробити висновок, що виробництво хутряних виробів є економічно ефективною складовою економіки країни.

Підвищення конкурентоспроможності хутряних виробів може бути досягнуто за рахунок збільшення їх різноманітності та зниження собівартості продукції шляхом зниження матеріалоємності хутра. В свою чергу, поєднання в одному виробі хутра та інших текстильних матеріалів впливає на загальний термічний опір одягу в цілому. Тому науково обґрунтоване прогнозування теплозахисту такого одягу є актуальною задачею.

#### **Постановка завдання.**

Для прогнозування теплозахисних властивостей хутряного одягу необхідно мати інформаційну базу термічного опору хутра різних видів тварин. Як показав аналіз літературних джерел [2-6] існуючої інформації недостатньо для розрахунку загального термічного опору хутряних виробів. Тому завданням дослідження є розширення бази даних теплофізичних показників хутра різних тварин та пошук шляхів удосконалення процесу прогнозування.

**Методи дослідження.** Експериментальні дослідження проводили методом непрямого вимірювання на імітаційному тепловому стенді торсу людини (ІТСТЛ).

Існує безліч способів вимірювання теплопровідності (коефіцієнта теплопровідності, термічного опору). Методи

вимірювання теплопровідності діляться на два класи: стаціонарні, в яких через зразок з плином часу формується постійний тепловий потік, і нестаціонарні (несталі), в них тепловий потік через зразок не досягає постійного значення [2]. При стаціонарному режимі випробування зразок приводять у контакт з двома тілами: нагрівачем і тепловідводом, що мають різну температуру. Температура кожного тіла підтримується постійною в ході вимірювання. В результаті через зразок починає протікати тепловий потік в напрямку від нагрівача до тепловідводу, і через певний проміжок часу цей потік стає сталим, тобто температура в кожній точці зразка перестає залежати від часу. Як правило, такі випробування вимагають значного часу (2 - 5 годин) і зразків великих розмірів (десять сантиметрів і більше). Оскільки в основі стаціонарних методів лежить застосування закону Фур'є, геометрія калориметричного осередку або плоска, або циліндрично-симетрична [3, 4].

Методи, в яких реалізований стаціонарний режим, діляться на абсолютні і відносні. В абсолютних - теплопровідність розраховується безпосередньо виходячи з експериментально знайдених величин. Відносні методи вимагають наявності еталона - матеріалу з вже відомою теплопровідністю. До абсолютних методів належать метод ізольованої гарячої плити і метод коаксіальних циліндрів [2 - 6].

Відносні методи - це метод плоскої пластини, метод прямого нагріву (метод Кольрауша), метод гарячого (нагрітого) дроту та інші [7].

Відомо також застосування при дослідженнях теплофізичних характеристик текстильних матеріалів нестаціонарних методів вимірювання [8, 9].

Стаціонарні методи неможливо застосовувати для дослідження хутра через стискання зразків між пластинами, а нестаціонарні - здатні визначити реальний термічний опір однієї шкурки хутра або деякої її ділянки. Всі ці методи не можуть бути застосовані для визначення термічного опору одягу в цілому тому, що не мають

апаратних можливостей враховувати ступінь його прилягання до тіла людини, геометрію поверхні тіла, вплив опорних ділянок, на яких повітряні прошарки мають мінімальну товщину.

Визначення термічного опору одягу в цілому з урахуванням зазначених факторів впливу можливе лише за умови імітації теплообміну між одягнутим тілом людини та навколишнім середовищем. Лабораторне устаткування, яке здатне реалізувати таку імітацію, розроблено на кафедрі технології та конструювання швейних виробів у вигляді теплового торса людини (ІТСТЛ) [10].

ІТСТЛ представляє собою манекен торсу чоловічої фігури людини з розмірними ознаками 176 - 104-88 [11], який виконано з червоної листової міді з внутрішнім джерелом енергії, що забезпечує нагрів всієї поверхні (рис. 1). Блок - схема внутрішнього устрою наведена на (рис.2).

Мінімальний градієнт температур на поверхні манекену досягається завдяки великому коефіцієнту теплопровідності червоної міді та двом турбінам з блоками

розподілу повітря по внутрішній поверхні манекену.

Імітація температур навколишнього середовища відтворюється за рахунок встановлення перепаду температур між поверхнею манекену та середовищем в лабораторії відповідно до різниці між температурами тіла людини (при комфортних умовах самовідчуття 32 °С) та зовнішнього середовища (в реальних умовах експлуатації).

Теплопродукція в мідному торсі 1 моделюється основним джерелом тепла - спіральним нагрівачем 3. Для регулювання потужності нагрівача 3 та температури нагріву поверхні манекену застосовується блок живлення 8. Контроль потужності нагрівача здійснюється за допомогою амперметра 5 і вольтметра 6. Для рівномірного розподілу тепла по поверхні манекену використовується блоки розподілу нагрітого повітря 2. Температура поверхні манекену контролюється термоміром, який складається з шести термомірних датчиків 4 та потенціометру 7 постійного струму ПП - 63.



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд (фото) імітаційного теплового стенду торсу людини (ІТСТЛ).

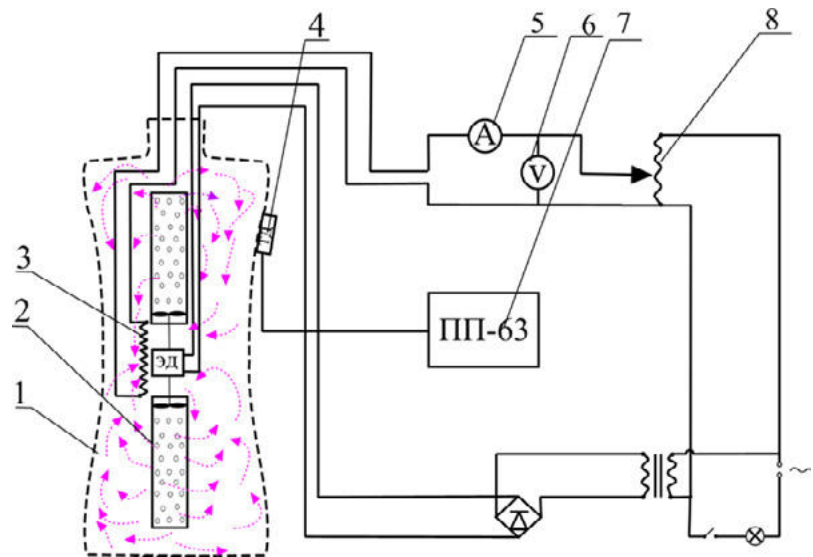


Рисунок 2 - Блок - схема імітаційного теплового стенду торсу людини (ІТСТЛ).

Дослідження проводили методом непрямого вимірювання. Даний метод базується на визначенні кількості тепла, яке пройшло крізь пакет одягу за час випробування. Термічний опір розраховується за формулою:

$$R = \frac{(t_m - t_n) \times S_m \times T_b}{I \times U \times T_p} \quad (1)$$

де:  $t_m$  - температура поверхні манекену, °C;  
 $t_n$  - температура в лабораторії на момент проведення імітування процесу, °C;  
 $S_m$  - площа поверхні манекену (0,55м<sup>2</sup>);  
 $T_b$  - час проведення випробування, с;  
 $I$  - сила струму, яка подається на нагрівач, А;  
 $U$  - напруга на нагрівачі, V;  
 $T_p$  - час роботи нагрівача, с.

**Результати досліджень.** Так як найбільшим попитом серед широкого кола споживачів в Україні користуються хутрянні вироби з кролика та лисиці, то саме такі види хутра було обрано для дослідження.

За результатами опитування споживачів було встановлено, що найбільш вагомими

для них (70% респондентів) є вимоги захисні, гігієнічні та експлуатаційні. Хутрянні вироби, як правило, використовують для захисту організму людини від несприятливих впливів зовнішнього середовища (низької температури, вітру, снігу, дощу). Вони, як і інші види одягу, повинні створювати «комфортний» мікроклімат в підодяговому просторі та підтримувати тепловий баланс тіла людини [12].

Для проведення досліджень термічного опору було виготовлено два жилети з хутра червоної лисиці та довгошерстого кролика без прокладок та підкладки. Зразки жилетів виготовлено прилеглого силуету довжиною до лінії стегон з округлою горловиною та центральною закритою застібкою на тасьму-блискавку(рис.3). Прилеглий силует жилетів зменшує вплив повітряного прошарку між манекеном та жилетом на термічний опір останнього, що робить оцінку теплозахисних властивостей самого хутра більш достовірною.



а)



б)

Рисунок 3 – Фото зовнішнього вигляду жилетів під час проведення випробувань: а) жилет з хутра кролика, б) жилет з хутра лисиці.

В результаті досліджень визначався час роботи внутрішнього нагрівача манекену. Експерименти проводили при імітації температур навколишнього середовища 0°C, мінус 5°C, мінус 10°C та швидкості повітря 0,1 м/с, що дозволило врахувати різну інтенсивність теплообміну на поверхні одягу [12], яка виникає під час його експлуатації в умовах діапазону низьких температур зимового періоду року на території з

помірно-континентальним підтипом клімату (в межах якого знаходиться Україна та країни Центральної Європи, де населення використовує теплозахисний одяг).

Дослідження проводили за розробленою методикою для визначення термічного опору теплозахисного одягу з текстильних матеріалів на ІТСТЛ [10], яку було адаптовано для натурального хутра, а саме: під час проведення досліджень щодо визначення



термічного опору хутряних виробів рекомендується збільшувати інтервал часу між дослідями до 12 годин для повернення зразків до сталих початкових характеристик (температури поверхні шкірного покриву, вологості хутра, яка обумовлена відносною

вологістю та температурою навколишнього повітря лабораторії).

В результаті проведених досліджень за удосконаленою методикою визначено термічний опір хутряних жилетів з кролика та лисиці (таблиця).

Таблиця – Термічний опір хутряних жилетів з кролика та лисиці (експериментальні дані)

Вид хутра	Термічний опір, R, °C м <sup>2</sup> / Вт			
	при імітації температурних умов навколишнього середовища			середнє значення
	0°C	-5°C	-10°C	
Лисиця червона	0,486±0,02	0,481±0,02	0,447±0,02	0,471±0,02
Кролик довгошерстий	0,584±0,02	0,550±0,02	0,543±0,02	0,559±0,02

Результати проведених досліджень підтверджують той факт, що одяг з натурального хутра має високі теплозахисні властивості у порівнянні з іншими видами теплозахисного одягу [13 - 15] та залежно від виду хутра, який характеризується довжиною і густиною волосяного покриву та товщиною шкіри, теплозахисні властивості хутряних напівфабрикатів значно різняться [16]. Тому для конфекціювання матеріалів хутряного одягу з прогнозованими теплозахисними властивостями [12] необхідно мати достовірну інформацію щодо теплофізичних характеристик складових його пакету. З метою розширення інформаційної бази термічних опорів матеріалів, які можуть використовуватися для виготовлення одягу,

за результатами дослідження встановлено, що термічний опір хутра червоної лисиці становить 0,471±0,02 °C м<sup>2</sup>/Вт, а довгошерстого кролика – 0,559±0,02°Cм<sup>2</sup>/Вт.

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено, що термічний опір як показник, який можна враховувати при прогнозуванні теплозахисту одягу, для хутрових шкурок лисиці червоної становить 0,471±0,02 °C м<sup>2</sup> / Вт, для хутрових шкурок кролика довгошерстого – 0,559±0,02 °C м<sup>2</sup> / Вт. Отримані результати розширюють інформаційну базу термічних опорів хутра, що надає можливість прогнозувати теплозахисні властивості пакетів матеріалів та самих виробів на початкових стадіях їх проектування.

**Список використаної літератури**

1. Зовнішня торгівля України за товарними групами з усіма країнами [Електронний ресурс] / Державна фіскальна служба України. Офіційний портал. – Режим доступу: <http://sfs.gov.ua/ms/f2>
2. Патлашенко О. А. Матеріалознавство швейного виробництва / О. А. Патлашенко – К.: Арістей, 2003. – 288 с.
3. Іванченко В. В., Барвін О. І., Штунда Ю. М. Конструювання та розрахунок кожухотрубчатих теплообмінних апаратів.— Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля. 2006.- 260 с.
4. Материалы текстильные. Физиологические воздействия. Определение теплостойкости

**References**

1. Zovnishnia torgivlia Ukrainy za tovarnymy grupamy z usima krainamy (2020). [Ukraine's foreign trade by product groups with all countries]. (n.d.). sfs.gov.ua. Retrieved from <http://sfs.gov.ua/ms/f2> [in Ukraine].
2. .Patlashenko O. A. (2003). Materialoznavstvo shveinogo vyrobnytctva [Materials science of garment production] – K.: Aristej [in Ukraine].
3. Ivanchenko V. V., BarvIn O. I., Shtunda Yu. M. (2006).Konstruyuvannya ta rozrahunok kozhuhotrubchatih teploobminnih aparativ [Design and calculation of shell-and-tube heat exchangers] — Lugansk: Vid-vo SNU Im. V. Dalya [in Ukraine].

- и стойкости к водяному пару в установившихся условиях (метод испытаний с использованием изолированной конденсирующей термопластины): ISO 11092:2014. - [Введен в действие от 20.08.14]. - Международная организация по стандартизации, 2014. - 22 с.
5. Кощеев В. С. Физиология и гигиена индивидуальной защиты человека от холода - М.: Медицина, 1981. - 288 с.
  6. Калмыков П. Е. Методы гигиенического исследования одежды - Л.: Медгиз, 1960. - 71с.
  7. Струмінська Т. В. Дослідження методів визначення комплексних теплофізичних властивостей текстильних матеріалів / Т. В. Струмінська // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. - 2014. - № 5 (79). - С. 202-206.
  8. Назарова М. В., Бойко С. Ю. Исследование теплозащитных свойств неразрезной двухполотной основоворсовой ткани / М. В. Назарова, С. Ю.Бойко // Современные проблемы науки и образования. - 2009. -№ 5. - С. 113-117.
  9. Бессонова Н. Г. Разработка методов и исследование теплофизических свойств текстильных материалов и пакетов при действии влаги и давления: автореферат дис. канд. тех. наук: 05 19 01: защищена 21.12.2005 / Бессонова Наталья Геннадьевна. - М., 2005. - 24 с.
  10. Донченко С. В. Имитационный стенд для определения теплозащитных свойств одежды / С. В. Донченко, С. И. Моисеенко // Сборник научных трудов ГОУ ВПО «ЮРГУЭС». - Шахты.: ЮРГУЭС. - 2010. - С. 84 - 87.
  11. Колосніченко М. В. Ергономіка і дизайн. Проектування сучасних видів одягу: Навчальний посібник. /М. В. Колосніченко, Л. І. Зубкова, К. Л. Пашкевич та інші/ - К.: ПП НВЦ Профі, 2014. - 386 с.
  12. Куликов Б. П. Проектирование одежды с заданной теплозащитной способностью / Б. П. Куликов, Р. В. Шингарев, М. В. Стебельский - Иваново: ИХТИ,1984. - 47 с.
  13. Писаренко О. В. Прогнозування теплозахисних властивостей виробничого одягу / О. В. Писаренко; наук. кер. С. В. Донченко // Наукові розробки молоді на сучасному етапі : тези доповідей XVII Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених та студентів (26-27 квітня 2018 р., Київ). - Київ : КНУТД, 2018. - Т. 1 : Сучасні
  4. Textiles -- Physiological effects -- Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded-hotplate test) (2014). *ISO 11092:2014 from 20<sup>th</sup> August 2014*. International Organization for Standardization [in EuropeanUnion].
  5. Koscheev V. S. (1981). *Fiziologiya i gigiena individualnoy zaschity cheloveka ot holoda* [Physiology and hygiene of individual protection of the person against cold] - M.: Meditsina [in Russian].
  6. Kalmyikov P. E. (1960). *Metody higienicheskogo issledovaniya odezhdyyi* [Methods of hygienic research of clothes] - L.: Medgiz [in Russian].
  7. Struminska T. V. (2014). *Doslidzhennia metodiv vyznachennia kompleksnyh teplofizychnyh vlastyvostei tekstylnyh materialiv* [Research of methods for determining the complex thermophysical properties of textile materials]. *Visnyk kyivskogo natsionalnogo universytetu tehnologii ta dyzainu - Bulletin of Kyiv National University of Technology and Design*, 5, 202-206 [in Ukraine].
  8. Nazarova M. V., Boiko S. Yu. (2009). *Issledovanie teplozashchitnyh svoystv nerazreznoi dvuhpolotnoi osnovovorsovoi tkani* [Investigation of the heat-shielding properties of a continuous two-piece warp pile fabric]. *Sovremennye problem nauki i obrazovaniia - Modern problems of science and education*, 5, 113 - 117 [in Russian].
  9. Bessonova N. G. (2005). *Rozrobotka metodov issledovanie teplofizicheskikh svoystv materialov i paketov pri deistvii vlagi i davleniia* [Development of methods and study of thermophysical properties of textile materials and bags under the action of moisture and pressure]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Moscow [in Russian].
  10. Donchenko S.V. (2010). *Imitatsionnyy stand dly aopredeleniya teplozaschitnyih svoystv odezhdyyi* [Simulation stand for determining the heat-shielding properties of clothing]. *Sbornik nauchnyih trudov GOUVPO «YuRGUES»*. (pp. 84-87). Shahty: YuRGUES [in Russian].
  11. Kolosnichenko M. V. (2014). *Ergonomika i dyzain. Proektuvannia suchasnyh vydiv odiagu* [Ergonomics and design. Design of modern clothes]. K.: PP NVTS Profi [in Ukraine].
  12. Kulikov B.P. (1984). *Proektirovanie odezhdyyi s dyiszadannoy teplozaschitnoy sposobnoy ostyu* [Designing clothing with a given heat-shielding capacity] - Ivanovo: IHTI [in Russian].
  13. Pisarenko O. V. (2018). *Prognozuvannia*

- матеріали і технології виробництва виробів широкого вжитку та спеціального призначення. - С. 93-94.
14. Донченко С. В. Дослідження теплозахисних властивостей одягу з теплоізоляційною прокладкою з матеріалу Slimtex [Електронний ресурс] / С. В. Донченко, Ю. М. Соколова, М. О. Рудницька // Технології та дизайн. - 2016. - № 4 (21). - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/td\\_2016\\_4\\_2](http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2016_4_2).
  15. Modern technologies and design art: monograph 37 / Domenico Guida, Isak Karabegovic, Raul Turmanidze et al. – Katowice: Publishing House of Katowice School of Technology, 2020. – С. 186-195.
  16. Бохонько О. П. Конструювання і виготовлення виробів із хутра та шкіри: навч. посібник / О. П. Бохонько, В. В. Мица, О. В. Ярошук. – Хмельницький: ХНУ, 2017. – 303 с.
14. teplozahysnyh vlasnyvostei vyrobnychogo odiagu [Forecasting the heat-protective properties of industrial clothing]. *XVII Vseukrainska naukova konferentsiia molodyh vcheny i studentiv (26-27 kvitnia 2018 r.) – 17 All-Ukrainian scientific conference of young scientists and students.* (pp. 93-94). Kyiv: KNUITD [in Ukraine].
  14. Donchenko S. V. (2016). Doslidzennia teplozahysnyh vlastyvostei odiagu z teploizolyatsiinoiu prokladkoiu z material slimtex [Research of heat-protective properties of clothes with a heat-insulating lining from slimtex material]. *Tehnologii ta dizain. - Technology and design, Vol. 4 (21)*. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/td\\_2016\\_4\\_2](http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2016_4_2) [in Ukraine].
  15. Modern technologies and design art: monograph 37 / Domenico Guida, Isak Karabegovic, Raul Turmanidze et al. – Katowice: Publishing House of Katowice School of Technology, 2020. – PP. 186-195 [in Poland].
  16. Bohonko O. P. (2017). *Konstruiuvannia ta vygotovlennia vyrobiv iz hutra ta shkiry. [Design and manufacture of fur and leather products]*. Hmel'nitskii: HNU [in Ukraine].

## XVIII

# Всеукраїнський конкурс молодих дизайнерів одного образу та новорічно - різдвяного декору "СУЗІР'Я КАШТАН"

**17 ГРУДНЯ 2020 РОКУ**