

**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ГІДРОВІДЦЕНТРОВОГО
СПОСОБУ ФОРМУВАННЯ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Розроблено фізичну модель процесу деформації тканин під час динамічних відцентрових навантажень. Отримана модель дає змогу більш глибоко вивчити процеси, що відбуваються під час деформацій текстильних матеріалів та теоретично вирахувати оптимальні умови формування тканин з різним сировинним складом та структурою.

Ключові слова: деформація, формування, текстильний матеріал, гідровідцентрове навантаження.

N.O. KUSHCHEVSKYI, Y.V. KOSHEVKO
Khmelnitsky National University

**THEORETICAL FOUNDATIONS OF HYDROCENTRIFUGAL
DEFORMATION METHOD OF TEXTILE MATERIALS**

Abstract - The article of research is a study of influence of the dynamic loadings on forming properties of textile materials. The purpose of work is development of physical model of process of deformation of fabrics at the dynamic loadings. In this work influence of the dynamic loading is studied in to liquid-active working environment which is created the appendix of force of batch-type. Such force causes the forced vibrations of the system, in particular to the load, which suspended to the body and creates the additional loading.

The scientific novelty of the got results consists in presented physical model of deformation of fabrics at the dynamic loading. The got model gives an opportunity in more depth to learn processes that take place at deformations of textile materials and in theory to calculate the optimal terms of deformation of fabrics with different raw material composition and structure.

Keywords: deformation, forming, textile material, dynamic loading.

Вступ

В умовах сучасного ринку актуальним стає питання створення альтернативних ресурсозберігаючих технологій виготовлення швейних виробів, в числі яких значне місце займають головні убори. Згідно статистичних даних імпорт таких виробів перевищує показники експорту. Серед причин такого стану випуску головних уборів є недостатнє використання наявних сировинних ресурсів, перш за все тканин, низький рівень технічного забезпечення виробництва, недосконалість технологій.

Одним із перспективних напрямків створення високоефективної технології виготовлення виробів складної об'ємної форми є застосування динамічних і хімічних методів впливу на структуру матеріалів, що піддаються деформації. Результати наукових досліджень у цій сфері, серед яких роботи [1–6] сприяли удосконаленню процесів формування і формозакріплення деталей одягу, в тому числі головних уборів.

Актуальним є створення технології отримання стійкої об'ємної форми деталей головних уборів з тканин матеріалів за рахунок одночасної комплексної дії гідровідцентрового навантаження і рідинно-активного робочого середовища (РАРС). Пошук найбільш ефективних способів формування та визначення їх впливу на властивості тканин в умовах динамічних навантажень дозволить вирішити питання отримання суцільно викроєних деталей головних уборів і суттєво розширити модельний ряд конкурентоздатної продукції, знизити трудомісткість та енергомісткість виготовлення виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В роботах [1–4] обґрунтовано доцільність удосконалення гідровідцентрового способу формування, завдяки використанню у якості робочого середовища води, яка підсилює дію відцентрових сил, що діють на матеріал та виконує функцію другого формувального елемента. Даний спосіб вимагає теоретичного обґрунтування шляхом фізичного моделювання процесу, що досліджується.

Для вирішення поставленої задачі розроблено гідровідцентровий спосіб формування деталей швейних виробів за рахунок дії силового фактору і робочого середовища та експериментальну установку для його реалізації.

Процес формування деталей в рідині має дуже складний характер, є безперервним і заповнює простір в робочій камері та структурі матеріалу без порожнин і проміжків. Внаслідок рідкого стану в ньому діють сили рівномірного розподілу по об'єму. Будь який об'єм рідини здатний довільно змінювати свою форму від будь-яких малих сил.

Особливості формування силового поля та характеру його розподілу на формувальному елементі з врахуванням структури тканини було досліджено в роботах [2, 3]. Отримані моделі ілюструють фізичну суть дії на тканину явища відцентрової сили в процесі формування.

Широко відома технологія формування складних деталей з фетру.

Останнім часом на кафедрі технології та конструювання швейних виробів Хмельницького національного університету активно ведеться робота по розробці гідро технології формування складних просторових форм-головок головних уборів із текстильних матеріалів. Створення складної просторової форми з тканин матеріалів є надто складним, адже таке формоутворення має відбуватися за рахунок максимального використання деформаційних властивостей текстильних матеріалів. Відповідно має бути розроблена технологія, яка дозволить реалізувати дану гіпотезу. Саме однією з таких є гідро технологія, основу якої складають різні способи формування на відміну від існуючих. Одним з таких способів є гідровідцентровий.

Формулювання мети статті

Метою роботи є розробка фізичної моделі процесу деформації тканин при гідровідцентровому навантаженні в рідинному робочому середовищі. Отримана модель дасть змогу вирішити поставлені завдання:

вивчити процеси, що відбуваються при деформаціях текстильних матеріалів та теоретично визначити оптимальні умови деформації тканин з різним сировинним складом та структурою. Процес розробки нових та удосконалення відомих способів формування деталей швейних виробів з текстильних матеріалів повинен ґрунтуватись на дійсному відображенні досліджуваного процесу, для чого використовують фізичні моделі, які дозволяють вивчити вплив окремих параметрів процесу, які при цьому відбуваються.

Виклад основного матеріалу досліджень

Розробка фізичної моделі процесу гідровідцентрового способу формування у воді полягає в аналізі дії прикладених до тканини формувальних зусиль, враховуючи особливості конфігурації поверхні формувального елемента. Отже необхідним є визначення моделі поведінки систем ниток тканини а також характеру розподілу формувальних зусиль по поверхні деталі головного убору при гідровідцентровому формуванні.

При обертанні барабану циліндричної форми навколо вертикальної вісі ОУ з кутовою швидкістю ω виникає відцентрова сила $F_e^{(1)}$, яка діє на кожен елементарну ділянку текстильного матеріалу δS деталі, розташованого на формувальному елементі, що закріплений на стінці барабана.

Відцентрова сила F_e (Н) визначається за формулою [4]:

$$F_e = m_{(1)} \omega^2 \cdot R \tag{1}$$

де $m_{(1)}$ – маса окремої елементарної ділянки текстильного матеріалу деталі з урахуванням вологовмісту г/м^2 ;

ω^2 – кутова швидкість вала, що обертає барабан, на якому закріплений формувальний елемент та деталь, рад/с ;

R – найменша відстань від осі обертання до даної елементарної ділянки матеріалу, м.

Оскільки робочим середовищем формування є вода, тому необхідним є визначення маси окремої елементарної ділянки матеріалу деталі з урахуванням вологовмісту за формулою:

$$m_{(1)} = M_s \cdot w \tag{2}$$

де M_s – поверхнева густина текстильного матеріалу, г/м^2 ;

w – коефіцієнт, який враховує вологовміст відформованої деталі.

Вологовміст w (%) текстильного матеріалу визначається [7] за формулою:

$$w = \frac{m_e - m_c}{m_c} \cdot 100 \tag{3}$$

де m_e – маса деталі відразу після формування, г;

m_c – маса абсолютно сухої деталі, г.

Кутова швидкість вала при рівномірному обертанні знаходиться наступним чином [8–10]:

$$\omega = 2\pi \cdot n \tag{4}$$

де n – частота обертання (кількість обертів за 1 секунду), с^{-1} .

Підставивши в формулу (1) вираз (4), знайдемо:

$$F_e = 4m_{(1)} \pi n^2 \cdot R \tag{5}$$

В аспекті досліджень, важливе місце має інформація про сили, що діють на «грубу» структуру тканини під час дії відцентрових сил підсилений шаром води. Розглянемо дію формувальних зусиль, а саме відцентрової сили, а також взаємодію ниток основи та утоку текстильного матеріалу між собою та формувальною поверхнею [3]. На рис. 1 зображено ділянку опуклої поверхні формувального елемента з радіусом кривизни r_ϕ , на якому розміщено текстильний матеріал, у якому виділено систему ниток основи 1, 2, 3 та утоку 4. Переріз формувального елемента з матеріалом виконаний площиною, що перпендикулярна до осі обертання.

Виходячи з системи дії деформуючої сили F_e в зоні розташування нитки основи 2 можливо визначити нормальну F_e^n та тангенціальну F_e^m складові:

$$F_e^n = F_e \cos \phi \tag{6}$$

$$F_e^m = F_e \sin \phi \tag{7}$$

F_e – відцентрова сила; F_e^n – нормальна складова відцентрової сили; F_e^m – тангенціальна складова відцентрової сили; r_ϕ – радіус кривизни формувального елемента; 1,2,3 – нитки основи; 4 – нитка утоку; ω – кутова швидкість обертання; R – найменша відстань від осі обертання до елементарної ділянки матеріалу; l_0 – плече дії відцентрової сили на нитки основи, що визначається відстанню між нитками основи. Δl – деформація зсуву

Тригонометричні функції кута ϕ можливо визначити з геометричних співвідношень [8]:

$$\cos \phi = \frac{\sqrt{(r_\phi \pm d_y \pm 0,5d_o)^2 - l_o^2}}{r_\phi \pm d_y \pm 0,5d_o}$$

$$\sin \phi = \frac{l_o}{r_\phi \pm d_y \pm 0,5d_o}$$

де d_o та d_y – діаметр ниток основи та утоку,

Нормальна складова відцентрової сили F_e^n забезпечує часткову деформацію ниток по товщині, не змінюючи сільового кута. На відміну від нормальної тангенційна складова F_e^m спричиняє зсув основних ниток, у результаті чого змінюється величина сільового кута між нитками основи та утоку.

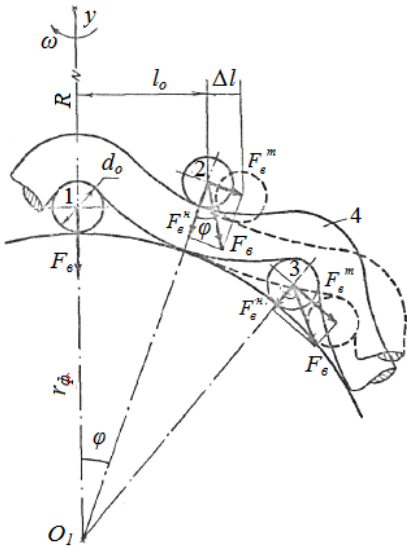


Рис. 1. Схема дії формувальних зусиль на механічну структуру текстильного матеріалу

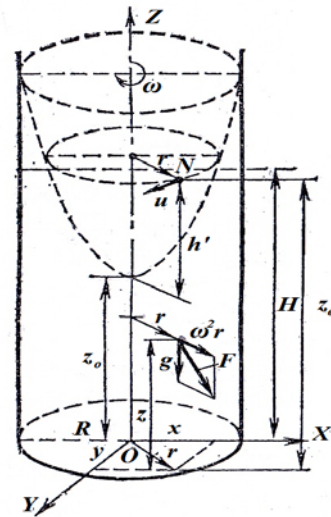


Рис. 2. Визначення вільної поверхні рідини, що обертається у відкритій циліндричній ємності
 OXYZ – система координат, в якій розміщена циліндрична ємність; R – радіус циліндричної ємності; ω – кутова швидкість обертання; H – рівень рідини у стані спокою; z₀ – вершина вільної поверхні рідини; N – довільна точка на вільній поверхні

Величина деформації зсуву Δl значною мірою залежить від тангенційної складової відцентрової сили, фрикційних, а також фізико-механічних властивостей текстильного матеріалу. Зміна товщини тканини, а особливо її ворсової структури залежить від нормальної складової, а також пружних властивостей елементів текстильного матеріалу.

У зв'язку з тим, що поверхня формувального елемента має напівсферичну форму, відповідно кожна елементарна ділянка δS текстильного матеріалу знаходиться на різних відстанях R від осі обертання, тому величини формувальних сил змінюються по всій поверхні матеріалу. Найменша відцентрова сила буде зосереджена на найменш опуклій ділянці формувального елемента, а найбільша – при його основі.

Так як у барабані знаходиться рідина необхідно дослідити характер її дії на процес формування.

Оскільки барабан обертається з певною частотою, рідина, яка у ньому знаходиться, поступово набере ту ж саму кутову швидкість ω, що і барабан, при цьому вільна поверхня її видозміниться [10]. У центральній частині рівень рідини понизиться, а у стінок – підвищиться і вся вільна поверхня стане деякою поверхнею обертання (рисунок 2).

При розгляді руху рідини її розбивають як і тверді тіла на окремі малі елементи [5]. Для опису руху рідини виділено довільний рідкий об'єм τ, обмежений поверхнею S, і може бути записано рівнянням, що виражає закон кількості руху: похідна за часом кількості руху системи дорівнює сумі діючих на неї зовнішніх сил. Це рівняння є інтегральною формою рівняння руху рідини:

$$\int_{\tau} \rho \frac{d\bar{u}}{dt} d\tau = \int_{\tau} \rho \bar{F} d\tau + \int_S \bar{p}_n dS, \tag{8}$$

де $\int_{\tau} \rho \bar{F} d\tau$ – головний вектор масових сил, прикладених до об'єму рідини τ;

\bar{u} – швидкість центра мас елемента dτ;

$\int_{\tau} \rho \frac{d\bar{u}}{dt} d\tau$ – похідна кількості руху маси рідини в об'ємі τ із врахуванням умови збереження маси рідкого об'єму (головний вектор сил інерції);

$\int_S \bar{p}_n dS$ – головний вектор поверхневих сил, прикладених до об'єму τ, є величина від'ємна, оскільки

вектор напруження поверхневих сил (гідродинамічного тиску) \bar{p}_n направлений по внутрішній нормалі до поверхні S, яка обмежує об'єм τ, $\bar{p}_n = -p \bar{n}$.

Користуючись формулами векторного аналізу, одержимо диференціальні рівняння руху рідини

$$\rho \bar{F} + \frac{\partial \bar{p}_x}{\partial x} + \frac{\partial \bar{p}_y}{\partial y} + \frac{\partial \bar{p}_z}{\partial z} = \rho \frac{d\bar{u}}{dt}. \tag{9}$$

Це рівняння є векторною формою рівняння руху рідини в напруженнях, яке еквівалентне трьом рівнянням в проєкціях на координатні осі x, y, z, і мають вигляд

$$\begin{aligned} F_x + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zx}}{\partial z} \right) &= \frac{du_x}{dt}; \\ F_y + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zy}}{\partial z} \right) &= \frac{du_y}{dt}; \\ F_z + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zz}}{\partial z} \right) &= \frac{du_z}{dt}. \end{aligned} \tag{10}$$

Розглянемо рідину, що рухається з прискоренням відносно системи координат, жорстко зв'язаної з Землею, (в стані відносного спокою). Рідина нерухома відносно стінок ємності, в якій вона міститься, і швидкості взаємного переміщення її частинок дорівнюють нулю тобто $u_x=u_y=u_z=0$. В рідині що знаходиться в стані спокою дотичні напруження в кожній точці дорівнюють нулю, а нормальні зводяться до гідродинамічного тиску p , тобто

$$p_{xy}=p_{yx}=p_{yz}=p_{zy}=p_{xz}=p_{zx}=0 \quad \text{і} \quad p = -p_{xx} = -p_{yy} = -p_{zz}.$$

Враховуючи ці умови з системи (10) одержимо диференціальні рівняння рівноваги рідини за формулою Ейлера [9, 10]:

$$\begin{aligned} F_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} &= 0; \\ F_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} &= 0; \\ F_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} &= 0. \end{aligned} \tag{11}$$

Рівняння (11) виражають умови рівності нулю суми проєкцій на осі координат масових і поверхневих сил, що діють на одиницю маси рідини. Ці рівняння справедливі для рідин, що знаходяться в стані спокою відносно стінок ємності, в якій вони містяться, незалежно від того, чи знаходиться в стані спокою чи рухається відносно Землі сама ємність.

Рідина, яка обертається разом із циліндричною ємністю відносно неї, буде знаходитись у стані спокою.

На частинку рідини при обертанні в даному випадку будуть діяти дві масові сили: сила тяжіння та відцентрова сила, які відносяться до одиниці маси та відповідно дорівнюють g та $\omega^2 r$ (рисунок 2). Рівнодійна сила маси F збільшується зі збільшенням радіуса, за рахунок другої складової, а кут нахилу її до горизонту зменшується. Дана сила нормальна до вільної поверхні рідини.

Прийнявши вісь циліндричної ємності за вісь Oz і взявши початок координат на площині дна, проєкції відцентрової сили, віднесені до одиниці маси рідини, на осі x, y і z відповідно дорівнюватимуть:

$$F_x = \omega^2 r \cos(r, x); \quad F_y = \omega^2 r \cos(r, y); \quad F_z = 0.$$

Оскільки косинус кута між напрямком радіуса обертання і віссю x : $\cos(r, x) = \frac{x}{r}$, а для осі y – відповідно $\cos(r, y) = \frac{y}{r}$, то

$$\left. \begin{aligned} F_x &= \frac{\omega^2 r x}{r} = \omega^2 x \\ F_y &= \frac{\omega^2 r y}{r} = \omega^2 y \\ F_z &= 0 \end{aligned} \right\} \tag{12}$$

Проєкція сили тяжіння на вісь z дорівнює $-g$. Отже, проєкції всіх об'ємних сил, віднесені до одиниці маси, будуть подані такою системою рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} X &= \omega^2 x \\ Y &= \omega^2 y \\ Z &= -g \end{aligned} \right\} \tag{13}$$

Виведемо рівняння вільної поверхні рідини, яка утворюється при обертанні, використовуючи рівняння поверхні рівного тиску [8]:

$$F_x dx + F_y dy + F_z dz = 0 \tag{14}$$

та підставивши в нього вирази для $F_x, F_y, \text{ та } F_z$, знайдемо

$$\omega^2 x dx + \omega^2 y dy - g dz = 0 \tag{15}$$

Після інтегрування отримаємо:

$$\frac{\omega^2}{2} = (x^2 + y^2) - gz = C \tag{16}$$

або, оскільки $(x^2 + y^2) = r^2$,

$$\frac{\omega^2 r^2}{2} - gz = C \quad (17)$$

де g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

З формули (17) видно, що поверхні рівного тиску в даному випадку являються сімейством конгруентних параболоїдів обертання з вертикальною віссю. Різним значенням постійної C відповідають різні параболоїди рівного тиску.

Отже, вільна поверхня рідини також є поверхнею рівного тиску, у всіх точках якої тиск рівний зовнішньому тиску p_0 .

Знайдемо значення довільної постійної C для параболоїда вільної поверхні рідини. Підставивши координати вершини параболоїда $x=0, y=0, z_e = z_0$ в рівняння (17) отримаємо: $C_0 = -gz_0$

Отже, рівняння вільної поверхні рідини має наступний вигляд:

$$z_b - z_0 = \frac{\omega^2}{2g}(x^2 + y^2) \quad (18)$$

або

$$z_b - z_0 = \frac{\omega^2 r^2}{2g} \quad (19)$$

Висота, на яку піднята над вершиною параболоїда точка вільної поверхні рідини (довільної точки N), рівна:

$$h' = z_b - z_0 = \frac{\omega^2 r^2}{2g} \quad (20)$$

Ордината z_0 вершини параболоїда вільної поверхні при заданій кутовій швидкості залежить від об'єму рідини в ємності. Якщо до обертання ємності рівень рідини був горизонтальним та встановлювався на висоті H , то об'єм рідини дорівнював $\pi R^2 H$. При обертанні барабану вільна поверхня стає параболічною, форма об'єму рідини зміниться, а його значення при густині $\rho = \text{const}$ залишається незмінною:

$$\int_0^R (z_0 + \frac{\omega^2 r^2}{2g}) 2\pi r dr = \pi R^2 H \quad (21)$$

Після інтегрування отримаємо:

$$H = z_0 + \frac{\omega^2 R^2}{4g} \quad (22)$$

або

$$z_0 = H - \frac{\omega^2 R^2}{4g} \quad (23)$$

Якщо припустити, що $z_0 = 0$, можливо знайти кутову швидкість ω , при якій вільна поверхня рідини торкнеться дна барабану.

$$\omega = 2 \frac{\sqrt{gH}}{R} \quad (24)$$

Підставимо отримані дані (20) в рівняння рівноваги нестисненої рідини з густиною ρ , яке є наслідком перетворень рівнянь руху рідини Ейлера (11),

$$dp = \rho (Xdx + Ydy + Zdz),$$

де p – гідростатичний тиск, $dp = \frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz$.

Тоді

$$dp = \rho (\omega^2 x dx + \omega^2 y dy - g dz). \quad (25)$$

Після інтегрування рівняння (25) одержимо

$$p = \rho \left(\frac{1}{2} \omega^2 r^2 - gz \right) + C_1. \quad (26)$$

Підставивши в рівняння (26) координати вершини параболоїда вільної поверхні рідини $r=0, z=z_0$ і тиск $p=p_{am}$, знайдемо C_1 .

$$C_1 = p_{am} - \rho(-gz_0) = p_{am} + \rho g z_0$$

Підставивши знайдене значення C_1 в (26), отримаємо:

$$p = p_{am} + \rho g(z_0 - z) + \frac{\rho \omega^2 r^2}{2} = p_{am} + \rho g(z_0 - z) + \frac{\omega^2 r^2}{2g} \quad (27)$$

Так як згідно з (20)

$$h' = \frac{\omega^2 r^2}{2g}$$

для довільної точки можливо використати (27) у вигляді:

$$p = p_{am} + \rho g(z_0 - z + h')$$

або

$$p = p_{am} + \rho g h_3 \quad (28)$$

де h_3 – глибина занурення точки під вільною поверхнею, тобто виміряна по вертикалі відстань від параболічної поверхні до точки, яка розглядається;

p_{am} – атмосферний тиск, $p_{am} = 101325$ Па;

ρ – густина рідини (води), $\rho = 1000$ кг/м³.

Таким чином в рідині, яка знаходиться в циліндричній ємності, що обертається, тиск по вертикалі розподіляється по гідростатичному закону. Величина за законом Паскаля p_{am} є однаковою в усіх точках об'єму рідини, тому враховуючи властивість гідростатичного тиску, можливо стверджувати, що тиск, який прикладений до вільної поверхні рідини, передається всім точкам цієї рідини у всіх напрямках однаково.

Отже, фізична суть гідровідцентрового способу формування з використанням РАРС у якості робочого середовища полягає у подвійній дії на текстильний матеріал, що закріплений на формувальному елементі відцентровими силами, та круговими потоками рідини, які зволожують матеріал та створюють додаткове формувальне зусилля у вигляді гідростатичного тиску.

Висновок. Розроблено фізичну модель процесу деформації тканин при гідровідцентрових навантаженнях. Отримана модель дає змогу більш глибоко вивчити процеси, що відбуваються при деформаціях текстильних матеріалів та теоретично визначити оптимальні умови деформації тканин з різним сировинним складом та структурою.

Література

1. Березненко М.П. Разработка энергосберегающей технологии и повышения уровня качества швейных изделий на операциях влажно-тепловой обработки : дис. ... д-ра техн. наук : 05.19.04 / Березненко Микола Петрович. – М., 1986. – 394 с.
2. Березненко С.М. Основи теорії ресурсозберігаючих технологічних процесів формування та формозакріплення деталей швейних виробів з врахуванням анізотропії текстильних матеріалів : дис. ... д-ра техн. наук : 05.19.04 / Березненко Сергій Миколайович – К., 2002. – 372 с.
3. Рогова А.П. Изготовление одежды повышенной формоустойчивости / А.П. Рогова, А.И. Табакова. – М. : Легкая индустрия, 1979. – 184 с.
4. Куцевський М.О. Новітні технології виготовлення головних уборів з тканин : монографія / М. О. Куцевський. – Хмельницький : ХНУ, 2012. – 198 с.
5. Мирзоев Т.Г. Создание малооперационной технологии формования деталей одежды с интенсивным гигротермическим воздействием на материал : автореф. дис. на соискание науч. степени к. т. н. : 05.19.04 / Т.Г. Мирзоев. – К., 1993. – 24 с.
6. Пашаев Н.П. Оптимизация технологических процессов производства одежды по критериям качества и энергозатрат : дис. ... канд. техн. наук : 05.19.04. / Н.П. Пашаев. – К., 1988. – 234 с.
7. Бузов Б.А. Материаловедение швейного производства : учебник для высш. учеб. заведений легкой пром-сти / Б.А. Бузов, Т.А. Модестова, Н.Д. Алыменкова. – М. : Легпромбытгиздат, 1986. – 424 с.
8. Кучерук І.М., Загальний курс фізики / І.М. Кучерук, І.Т. Горбачук, П.П. Луцик. – К. : «Техніка», 1999. – 536 с.
9. Башта Т.М. Гидравлика, гидромашини и гидроприводы / Т.М. Башта, С.С. Рудиев, Б.Б. Некрасов. – М. : Машиностроение, 1982. – 424 с.
10. Штеренлихт Д.В. Гидравлика / Д.В. Штеренлихт. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 640 с.

References

1. Bereznenko M.P. Razrabotka enerhosberehayushchey tekhnolohyy i povushenyya urovnya kachestva shveynykh izdelyy na operatsyyakh vlazhno-teplovoy obrabotky : dys. ... d-ra tekhn. nauk : 05.19.04 / Bereznenko Mykola Petrovych. – M., 1986. – 394 s.
2. Bereznenko S.M. Osnovy teoriiy resursozberihayuchykh tekhnolohichnykh protsesiv formuvannya ta formozakriplennya detaley shveynykh vyrobiv z vrakhuvannyam anizotropiyi tekstylnykh materialiv : dys. ... d-ra tekhn. nauk : 05.19.04 / Bereznenko Serhiy Mykolayovych – K., 2002. – 372 s.
3. Rohova A.P. Yz-hotovlenye odezhdyy povyshennoy formoustoychyvosty / A.P. Rohova, A.Y. Tabakova. – M. : Lehkaya yndustryya, 1979. – 184 s.
4. Novitni tekhnolohiyi vyhotovlennya holovnykh uboriv z tkanyz : monohrafiya / M. O. kushchevs'kyy. – Khmel'nyts'kyy : KhNU, 2012. – 198s.
5. Murzoev T.G. Sozdanie malooperacionnoy tekhnologii formovaniya details odezhdyy s intensivnym gigrotermicheskim vozdeystviyam na material. Atoref. Dis. k. t. n: 05.19.04. 1993.-24 s.
6. Pashaev N.P. Optimizaciya tekhnologicheskikh processov proizvodstva odezhdyy po kriteriyam kachestva I: Dis. .kand. tekhn. sciences: 05.19.04. is K., 1988. – 234 s.
7. Byzov B.A. Materealovedinee shveynogo proizvodstva: Ychebnik dla vushux ychebnux zavideniy legkoy promushlenosti / B. A. Byzov – M. Legprombutizdat. 1986 – 424c.
8. Kucheruk I.m., Gorbachuk I.t., Lucik P.P. the Zagalnuy kyrs fizuku K: «Tekhnika»1999r. 536s.
9. Bashta t.m. Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody / Bashta t.m., Rudiev S.S., Nekrasov B.B. – M. : Mashinostroenie, 1982. – 424 s.
10. ShterenlikhT D.v. Gidravlika – M.: Energoatomizdat 1984. – 640 s.

Рецензія/Peer review : 15.3.2015 р.

Надрукована/Printed : 7.4.2015 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Славінська А.Л.