

БЕРЕЗІН Л. М.

Київський національний університет технологій та дизайну

<https://orcid.org/0000-0002-2672-6323>e-mail: lnb07@ukr.net

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКІВ НА НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ В'ЯЗАЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ ШКАРПЕТКОВИХ АВТОМАТІВ

В роботі наведено аналіз та узагальнення існуючих методів та способів оцінки надійності в детермінованій та ймовірнісній постановках на прикладі елементів в'язального механізму шкарпеткових автоматів, що сприяє математичній підтримці на різних етапах проектування автоматів. Використовувалися сучасні уявлення про втомлену надійність та довговічність критеріальних за розміром деталей, статистичні методи для аналізу умов навантаження та оцінки характеристик опору втомленості.

Ключові слова: надійність, в'язальна голка, клин, навантаженість, розрахункові рекомендації.

Leonid BEREZIN

Kyiv National University of Technologies and Design

SYSTEMATIZATION OF CALCULATIONS FOR THE RELIABILITY OF ELEMENTS OF KNITTING MECHANISMS OF SOCKS MACHINES

The paper covers a wide range of issues in terms of longevity and reliability, which are presented in the modern theory and practice of designing for elements of knitting systems of sock machines. The relevance of the work is confirmed by the current trend in the production and modernization of relatively small batches of machines, which requires a reduction in time and cost of design, primarily due to the calculation recommendations.

The analysis and generalizations concerning the choice of calculations on longevity in deterministic and reliability in probabilistic statements for details of difficult forms and limited in the sizes are offered, in particular knitting needles and malleable working surface of cams, which are characterized by random loads and variations of strength characteristics of materials.

The mathematical apparatus for the analysis of influence on fatigue longevity of increase of speed parameters of the automatic machine and of constructive measures for reduction of loadings in pair of a needle and cams is presented. A complex approach is presented for knitting needles for the security of the given fatigue longevity using of the position of the dynamic analysis, calculation of the loading, mathematical statistics and the theory of probability, which allows to quickly evaluate the effectiveness of the proposals to constructive and technological solutions.

The dependences for the calculations of cams of different construction for fatigue strength in the probabilistic setting, which in comparison with traditional (according to the normalized factor of safety) a sufficient level of reliability while minimizing of size.

Specifics for cams with malleable working surface of equal reliability and with the provision of simultaneous beam and double cantilever deformations are presented.

Shown the expediency of using trapezoidal consoles of equal resistance and the algorithm for calculating the sizes of their root and end sections according to the coefficient of shape and a given deflection, which minimizes the length of the cam consoles.

The advantages of computer modeling by the finite element method are listed, primarily obtaining the final results with sufficient accuracy and convenience for analysis.

Keywords: reliability, knitting needle/rod element, cam, loading, calculation recommendations

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

ходження в Industry 4.0 на умовах цифрової трансформації потребує виробництва шкарпеткових автоматів із застосуванням комп'ютеризації, автоматизації та електроніки [1], що передусім забезпечує урізноманітнення технологічних можливостей, мінімізує тривалість зміни асортименту продукції за рисунком, розміром та переплетенням, реалізацію автоматичного закриття миску шкарпеток на автоматі без швейних операцій, підвищення точності та стабільності переміщень робочих органів, скороченню механічних складових автоматів. Останнє досягається інноваційними змінами в конструкціях приводів та інших механізмів автоматів. Наприклад, використання крокових двигунів, що спрощує реалізацію реверсивного руху голкового циліндру [2], перехід на швидкодіючі актюатори для відбору голок [3], управління клинами, системою зміни щільності виробу, пневматичним переключенням нитководів тощо. Але поза межами кардинальних змін залишаються питання удосконалення найменш надійної складової автоматів - в'язального механізму.

Аналіз досліджень та публікацій

Оскільки надійність в'язальних механізмів автоматів лімітується втомленою довговічністю в'язальних голок, то роботи спрямовувалися переважно на дослідження конструкцій голок і клинів [4] та умов їх взаємодії з метою збільшення терміну служби [5]. Враховуючи, що на поточний момент виробництво голок повністю відійшло до закордонних компаній (Groz-Beckert, Daehan, Organ, Samsung та інші), а якість їх продукції гармонізується до вимог міжнародних стандартів ISO [6], то орієнтацію на удосконалення голок вважаємо безперспективною.

По суті конструктивні інновації в парі голка-клин зводяться по зміни клинів та в'язальних систем в цілому. До найбільш поширених рішень відносять:

- використання технології утворення петель в в'язальних системах із змінною відбійною площиною, що дозволяє підвищувати швидкісний режим за рахунок зменшення робочого ходу голок [7, 8];
- використання клинів з профільованими робочими поверхнями;
- використання клинів з пружно-демпфіруючими робочими поверхнями.

В першому випадку реалізація техніки в'язання із змінною відбійною площиною передбачає зустрічний рух голок та платин, як наприклад, в круглов'язальних машинах MV4-II [9] та "Реланит" компанії Mayer & Cie. Враховуючи значні ускладнення в конструкції в'язального механізму для відтворення складного (поступального та коливального) руху платин відносно голок та обмеженість в розмірах в'язальних систем в шкарпеткових автоматах, використання такого рішення є недоцільним.

Використання профілювання робочих поверхонь клинів за кривими забезпечує мінімізацію ударної взаємодії голок з поверхнею клину. Апроксимацію криволінійних профілів робочих поверхонь переважно виконують на основі окремих кривих (за параболою, циклоїдою, синусоїдою) або їх синтезом, а також за поліномом необхідного ступеня, де враховано переміщення, швидкості та прискорення п'яток голок в характерних точках профілю клину. Моделюванню процесу формування петлі з клинами за поліноміальними кривими присвячено дослідження [10], а інноваційні тенденції щодо конструювання наведені в [11]. Профільовані клини використовують в круглов'язальних машинах із замкненими замковими системами та при переробці більш міцної пряжі через збільшення кількості голок, які згинають нитку за однаковою дугою голкового циліндру. Враховуючи також зміну точки удару п'яток відібраних голок на криволінійних робочих поверхнях клинів шкарпеткових автоматах та можливість неконтрольованого вильоту голок при сході з клинів незамкнених замкових систем, цей підхід також є мало прийнятним.

Інший напрямок полягає в заміні клинів із жорсткою робочою поверхнею на клини з пружно-демпфіруючими поверхнями (надалі – податливими). Найбільш ефективні конструктивні рішення із зниження жорсткості робочої поверхні клинів представлені в [12]. Враховуючи переваги та недоліки наявних конструкцій клинів, технологічність їх виготовлення та функціональну надійність, пріоритет віддано закритим наскрізним пазам вздовж робочої поверхні клину.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: аналіз та узагальнення існуючих методів та способів оцінки надійності в детермінованій та ймовірнісній постановках стосовно елементів в'язального механізму шкарпеткових автоматів для сприяння математичній підтримці на різних етапах проектування автоматів.

Виклад основного матеріалу

Пропонуються підходи до проектних оцінок довговічності в'язальних голок та надійності клинів з податливими робочими поверхнями через аналіз ступеня впливу різних конструктивних та виробничих факторів з метою запобігання їх передчасних відмов. Параметром впливу, який опосередковано визначає втомлену надійність елементів в'язальної системи є їх навантаженість, яка характеризується силовим спектром (рівнями навантаження з відповідними числами циклів).

Динаміка взаємодії п'ятки голки з клинами представляється залежністю в зручній для аналізу замкнутий уніфікованій формі полінома виду [12]:

$$F_y = 12,55 - 5,164V_x - 0,460\alpha + 4,984 \cdot 10^3 m + 0,149F_{on} - 1,142 \cdot 10^{-4} C_{np} + 4,395 \cdot 10^{-3} \alpha^2 + 0,055F_{on}^2 + 0,182V_x \cdot \alpha + 6,892 \cdot 10^{-5} V_x \cdot C_{np} + 2,521 \cdot 10^{-6} \alpha \cdot C_{np}, \quad (1)$$

де $V_x = \frac{\pi D}{60}$ – колова швидкість п'ятки голки при діаметрі D циліндричної гольниці та частоті її обертання n); α – кут нахилу робочої поверхні клину до горизонталі; m та C_{np} – маса та приведена жорсткість голки в зоні взаємодії з клином (через складність обчислення, C_{np} визначали за частотними характеристиками осцилограм навантаження); F_{on} – сила опору руху голки в пазу циліндру (створюється спеціально для унеможливлення самовільного опускання голок вздовж голкового пазу при незамкнутих замкових каналах в шкарпеткових автоматах).

Враховуючи, що параметри V_x та F_{on} є заданими при проектуванні, як і величина маси голки m стандартного виробництва, очевидно, що мінімізація ударних навантажень $F_{y, \max}$ в системі голка - клин – паз циліндру передусім залежить від приведеної жорсткості C_{np} та кута α нахилу робочої поверхні клину.

Дослідження щодо впливу кутів нахилу робочих поверхонь клинів на довговічність голок шкарпеткових автоматів з урахуванням спадковості конструкцій в'язальних механізмів виконано в [12]. Застосовували рівнянні Веллера із залежністю між еквівалентним напруженням $\sigma_{екк_i}$ в небезпечному перерізі голки і заданим ресурсом в числах циклів навантаження N_{p_i} виду:

$$\sigma_{екк1}^{m_N} N_{p1} = \sigma_{екк2}^{m_N} N_{p2}, \quad (2)$$

де m_N – параметр міцності, який враховує нахил кривої втомленості голок (при обрахунку використовували результати експлуатаційних спостережень та динамічного аналізу); $i=1, 2$ – індекси параметрів навантажених голок до та після зміни кутів нахилу поверхонь клинів.

Представлено алгоритми обчислення m_N , $\sigma_{екк_i}$, N_{p_i} та встановлено, що збереження циклічної довговічності голки при підвищенні частоти обертання циліндру $n_2 > n_1$ потребує зменшення напруження в небезпечному перерізі голки в $\sqrt[n_1/n_2]{m_N}$ разів. Практична реалізація заявленого підходу дозволяє

отримувати розрахункове значення кута нахилу клину $\alpha_2 = \arctg \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\sqrt[m]{K_T K_n^{m+1}}} \right)$ за умовою заданого ресурсу

за втомленою міцністю гачка голки при коефіцієнтах зміни ресурсу $K_T = T_{p_2} / T_{p_1}$ та частоти обертання циліндру $K_n = n_2 / n_1$.

Практична реалізація заявленого підходу дозволяє приймати обґрунтовані рішення стосовно зміни кутів α_2 нахилу робочих поверхонь клинів при різних комбінаціях проектних вимог до швидкості та заданого ресурсу голки, а також оцінити варіанти зміни кількості клинів в системах та жорсткісних параметрів голок і клинів. Але, як показує досвід, варіювання кутами нахилу клинів суттєво залежить від допустимої протяжності в'язальних систем, яка є обмеженою в шкарпеткових автоматах. Очевидним також є доцільність використання цього спрощеного варіанту розрахунку на ранніх стадіях проектування при наявності даних експлуатаційних спостережень або стендових випробувань.

Оскільки голки відносять до критеріальних за розмірами деталей, розрахунки рекомендуються виконувати за регламентованою, попередньою заданою, довговічністю. В роботі [13] пропонується використовувати графічну залежність обмеженої границі втоми небезпечного перерізу гачка голки σ_{rN} від заданого числа циклів навантаження N_H . За основу беруться закон зміни і число відповідних циклів навантажень, а також параметри втоми голок, які відповідають умовам їх роботи, та результати силового аналізу і статистичних даних про ресурс голок до руйнування [13].

Наведені розрахунки дозволяють визначити довговічність голок в детермінованій постановці. Для переходу до розрахунків на втомлену міцність в ймовірнісному аспекті передусім необхідна інформація про статистичні характеристики опору втомленого руйнування натурних деталей [14], зокрема голок. Для визначення границі втоми гачка голки $\sigma_{-1\epsilon}$ за відповідним параметром матеріалу σ_{-1} використовують коефіцієнт

$$K = \left(\frac{k_\sigma}{k_{d\sigma}} + \frac{1}{k_{F\sigma}} - 1 \right) \frac{1}{k_v \cdot k_A}, \quad (3)$$

який враховує вплив конструктивних, технологічних і експлуатаційних факторів на опір втоми деталі за коефіцієнтами концентрації напружень k_σ та коефіцієнтами, що враховують вплив масштабного фактору $k_{d\sigma}$, чистоти поверхні $k_{F\sigma}$, анізотропії металу k_A та термообробки деталі k_v відповідно. Проте складність форм голок та несталість факторів впливу при їх виготовленні і експлуатації можуть привести до значних похибок визначення коефіцієнту K та відповідно $\sigma_{-1\epsilon}$. Але накопичення різнобічних відомостей стосовно в'язальних голок різних конструкцій, включно з даними експлуатаційних спостережень, залишає в подальшому перспективу його використання при модернізації в'язальних систем діючих автоматів.

Оцінка ймовірностей втомленого руйнування голок від числа циклів навантаження за функцією розподілу втомленої довговічності голок з урахуванням нерегулярності навантаженні і лінійно напруженого стану реалізується в [12]. В алгоритм розрахунку введено визначення коефіцієнтів варіації границі втоми голки $v_{-1\epsilon}$ та її навантаження v_a в умовах обмеженої інформації. В розрахунках деталей серійного виробництва, до яких безумовно відносяться голки, приймають $v_a = 0,15$, який домінує відносно $v_{-1\epsilon}$. Також проаналізовано вплив на функцію розподілу довговічності голок варіацій силових параметрів (при зниженні реальних для практики v_a від 0,1 до 0,22 графік є більш пологим), що розширює можливості при проектуванні.

Очевидно, що розрахунки на довговічність в ймовірнісному аспекті потребують використання ймовірнісних критеріїв та отримання додаткової вхідної інформації, що значно ускладнює та подовжує проектування. Тому їх необхідно використовувати на заключних стадіях проектування, що не виключає можливий контроль заданої довговічності при заводських випробуваннях дослідних зразків та вибіркових, але систематичних спостережень серійних виробів на підприємствах.

Методологія проектування клинів з податливою робочою поверхнею за критерієм втоми зводиться до визначення раціональних геометричних параметрів при мінімізації напруження і забезпеченні допустимої деформації податливого елементу у відповідності до технологічних вимог в'язання, а також з урахуванням просторових обмежень. Очевидно, що саме комплексний розрахунок в ймовірнісній постановці доцільно виконувати у випадках унеможливлення забезпечення великих запасів міцності.

При такому підході [14] розрахункове напруження σ_a і $\sigma_{-1\kappa}$ розглядаються як незалежні випадкові величини з розподілом за нормальним законом, які кількісно задаються середніми значеннями $\bar{\sigma}_a$ і $\bar{\sigma}_{-1\kappa N}$ та переважно відповідними коефіцієнтами варіації v_a і $v_{-1\kappa}$. Ймовірність безвідмовної роботи P за критерієм втомленої міцності визначалась як $\text{Вер}(\sigma_a < \sigma_{-1\kappa N})$, а числове значення P встановлювали за таблицею нормального розподілу в залежності від квантилю, який обчислюють за формулою:

$$u_p = - \frac{\bar{\sigma}_{-1\kappa N} - \bar{\sigma}_a}{\sqrt{v_a^2 \bar{\sigma}_a^2 + v_{-1\kappa}^2 \bar{\sigma}_{-1\kappa N}^2}}, \quad (4)$$

де $\bar{n} = \bar{\sigma}_{-1kN} / \sigma_a$ - коефіцієнт запасу міцності за середніми нормальними напруженнями.

Для забезпечення сталої надійності вздовж податливої робочої поверхні клину запропоновано розрахунок [15] поперечних розмірів грані за методом найменшого об'єму з урахуванням закону розподілу матеріалу. Вихідними даними для оберненої задачі є задана надійність $P_{зад}$, напруження в перерізах балки та властивості матеріалу з відповідними законами розподілу $p_1(\sigma_{amax})$ та $p_2(\sigma_{-1k})$.

Універсальний підхід до розрахунків клинів з податливим елементом складної форми, який забезпечує одночасну балкову і подвійну консольну деформації, розглянуто в [16]. Використання в дослідженні комп'ютерного моделювання за методом скінчених елементів дозволяє уникнути більшості припущень аналітичного розв'язку та спрощує розкриття статично невизначеної просторової конструкції з двома жорсткими закладеннями. При варіюванні допустимих геометричних параметрів пластини клину було визначено розподіли еквівалентних напружень за Мізесом та деформацій в небезпечному перерізі в зоні її закріплення. До суттєвих переваг також відноситься наочність кінцевих результатів.

Очевидним удосконаленням даної конструкції клину є використання консолей рівного опору згину за довжиною. Це дозволяє забезпечити мінімізацію їх довжини l при однакових напруженнях та прогинах в порівнянні з консолями сталих поперечних перерізів. Наведено обґрунтування вибору консолі зі сталою товщиною h та зменшенням її ширини $a(x)$ в напрямку до вільного кінця. Враховували складність профілювання та технологічність виготовлення інших типів консолей, наприклад в порівнянні з «констерою», для якої $a(x)h(x) = a(1)h(1) = const$, де $a(1)$ та $h(1)$ - геометричні параметри кореневого перерізу консолі в місці її закріплення.

Першочерговою умовою розрахунку слугує задана податливість C як відношення прогину вільного кінця консольної балки $v_k(0)$ до навантаження F , яке виражається в залежності від коефіцієнта форми за прогином $\delta_{vk} = \frac{v_k(0)}{v(0)}$, де $v_k(0)$ - максимальний прогин на кінці k -ої балки рівного опору та $v(0)$ - прогин балки з сталими розмірами, які відповідають h та $a(1)$ кореневого перерізу. Надалі ширину в кореновому перерізу консолі $a(1)$ визначали за умовами забезпечення заданої податливості та збереження міцності за формулою:

$$\sigma_{max} = \frac{3F}{l} \left(\frac{2E^2 C^2}{\delta_{vk}^2 a(1)} \right)^{1/3} \leq \sigma_{kp}, \quad (5)$$

а найменшу допустиму ширину a_{min} консолі – за умовою міцності по дотичним напруженням. Тоді задача проектування трапецієвидної консольної балки зводиться до вибору раціонального відношення $c_k = \frac{a(0)}{a(1)}$, яке впливає на величину коефіцієнту форми за прогином δ_{vk} . Для визначення δ_{vk} запропоновано підбір формул в залежності від вимог до точності обрахунків, які отримували інтегруванням диференціальних рівнянь пружної лінії балок змінного поперечного перерізу та методом поперечних перерізів.

Очевидно, що зміною коефіцієнта форми за прогином δ_{vi} можна впливати на довжину консольних балок, що актуально при мінімізації розмірів клинів.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Запропоновані результати систематизації та узагальнення щодо вибору методу розрахунку довговічності в детермінованій та надійності в імовірнісній постановках стосовно деталей складних форм та критеріальних за розмірами, зокрема в'язальних голок та податливих робочих поверхонь клинів, які характеризуються випадковістю навантажень і розсіянням характеристик міцності матеріалів. На вибір розрахунку деталей також впливає повнота вхідних даних та етап проектування в'язального механізму.

Для голок представлено комплексний підхід по забезпеченню заданої втомленої довговічності, який дозволяє при незмінній конструкції голок оперативно оцінювати ефективність конструктивних та технологічних рішень щодо в'язального механізму з використанням положень динамічного аналізу, обчислення параметрів навантаженості, математичної статистики та теорії ймовірностей.

Наведено посилання на залежності для розрахунку надійності клинів різних конструкцій з податливими робочими поверхнями рівної міцності та із забезпеченням одночасної балкової та подвійної консольної деформації. Показана доцільність використання трапецієвидних консолей та алгоритм обчислення розмірів їх кореневого і кінцевого перерізів за коефіцієнтом форми та заданим прогином. Перелічені переваги комп'ютерного моделювання за методом скінчених елементів, передусім отримання кінцевих результатів з достатньою точністю та зручністю для аналізу.

Література

1. Latest single cylinder sock & hosiery knitting machine [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.knitting-industry.com/sock-knitting-single-cylinder/>.
2. Santoni. Socks-НТ 50 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.santoni.com/en->

macchine-sheet.asp?idm=596.

3. Matrix technology for textile industry. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.matrix.to.it/pdf/textile_dep.pdf.

4. Basu M. The research of knitting process and the needle failures /M. Basu, V. Manolache // *Metalurgia International*. - 2010. - 15(4). - P.32-34.

5. Reza M.H. A study on causes of knitting machine stoppages and their impact on fabric production / M.H. Reza, M.K. Hossain // *European Scientific Journal*. - 2015. - 11(33). - P.262-269. – DOI: <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/6650>.

6. Groz-Beckert. Certificates.Quality Management System ISO9001 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.groz-beckert.com/en/certificates.html>.

7. Бахматов К.И. Влияние применения техники вязания с переменной отбойной плоскостью на число вязальных систем / К.И. Бахматов, Е.В. Анашкин // *Вестник СПГУТД*. – 1996. - №1. – С.28-34.

8. Iyer, C. Rundstricken. Theorie und Praxis der Maschentechnik / C. Iyer, B. Mammel, W. Schach. – Bamberg: Meisenbach, 1991. –267 s.

9. Betriebsanleitung for Mayer & Cie –Rundstrickmaschine Type: “MV 4-II” –Mayer & Cie. GmbH, Albstadt, 1998. – 54 s.

10. Zhao C. Optimal design of computerized flat knitting machine cam curves based on UG and ANSYS / LS-DYNA / C. Zhao, G. Song, L. Xu//*Applied Mechanics and Materials*. – 2014. - 529. - P.410-414. – DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.529.410>.

11. A Global Library of Market Research Reports [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.researchcosmos.com/>

12. Березін Л.М. Оцінка довговічності та надійності в'язальних механізмів панчішно-шкарпеткових автоматів : монографія / Л.М. Березін. – К.: КНУТД, 2013. – 191 с.

13. Березін Л.М. Імовірнісний розрахунок довговічності селекторів по критерію втомленісної міцності/ Л.М. Березін // *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. - 2006. - №3(29). - С.35-41.

14. Трощенко В.Т. Сопrotивление усталости металлов и сплавов: Справочник. Ч.1,2 /В.Т. Трощенко, Л.А. Сосновський - К.: Наук. думка, 1987. - 1315с.

15. Березін Л. М. Розрахунок податливої грані кльну панчішних автоматів за заданою рівно надійністю за критерієм міцності /Л.М. Березін // *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. – 2013. - №3. - С.168-172.

16. Berezin L., Savchenko, K., Rubanka, M., Polishchuk, O., Oliinyk, O., and Rubanka, A. (2021). Modeling of the Elastic Plates of Non-Base Configurations for the Cams of Automatic Half-Hose Machines /L.Berezin, K. Savchenko, M. Rubanka, O. Polishchuk, O.Oliinyk, A.Rubanka// *Advances in Science and Technology Research Journal* – 2001 - 15(1). - P.92-98. - DOI: <https://doi.org/10.12913/22998624/130826>.

References

1. Latest single cylinder sock & hosiery knitting machine [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.knittingindustry.com/sock-knitting-single-cylinder/>.

2. Santoni. Socks-NT 50 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.santoni.com/en-macchine-sheet.asp?idm=596>.

3. Matrix technology for textile industry. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.matrix.to.it/pdf/textile_dep.pdf.

4. Basu M. The research of knitting process and the needle failures /M. Basu, V. Manolache // *Metalurgia International*. - 2010. - 15(4). - P. 32-34.

5. Reza M.H. A study on causes of knitting machine stoppages and their impact on fabric production / M.H. Reza, M.K. Hossain // *European Scientific Journal*. - 2015. - 11(33). - P. 262-269. – DOI: <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/6650>

6. Groz-Beckert. Certificates.Quality Management System ISO9001 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.groz-beckert.com/en/certificates.html>.

7. Bakhmatov K.I. Vliyaniye primeneniya tekhniki vyazaniya s peremennoy otboynoy ploskost'yu na chislo vyazal'nykh sistem / K.I. Bakhmatov, Ye.V. Anashkin // *Vestnik SPGUTD*. – 1996. - №1. – S.28-34.

8. Iyer, C. Rundstricken. Theorie und Praxis der Maschentechnik / C. Iyer, B. Mammel, W. Schach. –Bamberg: Meisenbach, 1991. –267 s.

9. Betriebsanleitung for Mayer & Cie –Rundstrickmaschine Type: “MV 4-II” –Mayer & Cie. GmbH, Albstadt, 1998. – 54 s.

10. Zhao C. Optimal design of computerized flat knitting machine cam curves based on UG and ANSYS / LS-DYNA / C. Zhao, G. Song, L. Xu//*Applied Mechanics and Materials*. – 2014. - 529. - P. 410-414. – DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.529.410>.

11. 11. A Global Library of Market Research Reports [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.researchcosmos.com/>

12. Berezin L.M. Otsinka dovhovichnosti ta nadiynosti v yazal'nykh mekhanizmiv panchishno-shkarpetkovykh avtomativ: monohrafiya / L.M. Berezin. – К.: КНУТД, 2013. – 191 с.

13. Berezin L.M. Imovirnisnyy rozrakhunok dovhovichnosti selektoriv po kryteriyu vtomlenisnoyi mitsnosti/ L.M. Berezin // *Bulletin of Kiev National University of Technologies & Design. Technical sciences*. - 2006. - №3(29). - S.35-41.

14. Troshchenko V.T. Soprotivleniye ustalosti metallov i splovov: Spravochnik: v 2 t. / V.T. Troshchenko, L.A. Sosnovskiy. – К.: Naukova dumka, 1987. – Т. 2. -808 s.

15. Berezin L. M. Rozrakhunok podatlyvoy hrani klynu panchishnykh avtomativ za zadanoyu rivno nadiynistyu

16. za kryteriyem mitsnosti / L.M. Berezin // *Bulletin of Kiev National University of Technologies & Design. Technical sciences*. – 2013. – № 3. – S.169-172.

17. 16.Berezin L., Savchenko, K., Rubanka, M., Polishchuk, O., Oliinyk, O., and Rubanka, A. (2021). Modeling of the Elastic Plates of Non-Base Configurations for the Cams of Automatic Half-Hose Machines /L.Berezin, K. Savchenko, M. Rubanka, O. Polishchuk, O.Oliinyk, A.Rubanka// *Advances in Science and Technology Research Journal* – 2001 - 15(1). - P.92-98. - DOI: <https://doi.org/10.12913/22998624/130826>.