

УДК 677.055.548

БЕРЕЗІН Л.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

ПРОЕКТНИЙ РОЗРАХУНОК СЕЛЕКТОРІВ ШКАРПЕТКОВИХ АВТОМАТІВ НА ВТОМЛЕНІСНУ ДОВГОВІЧНІСТЬ

Мета. Розвиток методології розв'язку прикладних задач з багатоваріантністю рішень щодо прийняття на етапі проектування обґрунтованих заходів по забезпеченню заданого рівня довговічності деталей складних форм без надлишку запасів міцності на прикладі селекторів в'язальних механізмів шкарпеткових автоматів.

Методика. Використано сучасні методи розрахунків довговічності деталей машин загального призначення за втомленісної міцністю в детермінованій постановці та положення, які регламентують використання даних експлуатаційних спостережень обладнання при проектуванні нових моделей за умови спадковості конструкцій.

Результати. Представлені основні положення по коригуванню та доопрацюванню конструкцій-прототипів замкових систем шкарпеткових автоматів, які сприяють математичній підтримці прийняття раціональних конструкторських рішень та дозволяють оцінювати заходи з модернізації в'язальних механізмів. Отримано умови одночасного забезпечення швидкісної інтенсифікації автомату та підвищення заданої довговічності селекторів, узагальнені напрямки по їх досягненню.

Наукова новизна. Вперше запропонований системний підхід, який відмінний від загально прийнятого в практиці проектування шкарпеткових автоматів, що полягає в розв'язуванні оберненої задачі удосконалення замкових систем клинів за їх кількістю, геометричними та пружними параметрами при заданих нормах довговічності стержньових елементів голкового циліндру.

Практична значимість. Представлені практичні рекомендації, які дозволяють на стадії проектування приймати прогресивні конструкторські рішення в замкових системах в'язальних механізмів та аналізувати ефективність цих змін за умовою забезпечення заданої довговічності селекторів, а також скоротити тривалість та витрати на проектування.

Ключові слова: проектування, шкарпетковий автомат, селектор, розрахунки, втомленісна довговічність.

Вступ. Підвищення ефективності експлуатації шкарпеткових автоматів першочергово залежить від рівня їх надійності. Визначальним фактором надійності автомату при інтенсифікації технологічної швидкості є значна кількість відмов стержньових елементів голкового циліндру (в'язальних голок, селекторів та штовхачів) в'язального механізму, на яку впливає ударне навантаження при їх взаємодії з відповідними клинами замкової системи. Домінуючим напрямком підвищення довговічності стержньових елементів є комплексне удосконалення їх конструкцій та покращення умов їх взаємодії, передусім з клинами. Оскільки дослідження переважно стосуються конструкцій стержньових елементів, що найбільш систематизовано в [1], автор вважає за доцільне розглянути питання математичної підтримки прийняття раціональних конструкторських рішень стосовно замкових систем клинів, враховуючи задані на проектування норми довговічності стержневих елементів. В роботі [2] представлені розрахунки клинів з податливою робочою гранню, що зменшують динамічні навантаження за рахунок зміни приведеної жорсткості в парі п'ятка стержньового елементу – клин, в [3] - оцінка довговічності голок при модернізації клинів в'язальних систем за кутами їх нахилу при підвищенні швидкісних режимів та за умови сталості ресурсу голок. З позицій конструктора не виникає сумнівів в необхідності комплексного підходу в

проектуюванні замкових систем клинів за їх кількістю, геометричними та пружними характеристиками, що забезпечить цілісність розрахунків за конструктивними і швидкісними параметрами автоматів та довговічності стержневих елементів, зокрема селекторів.

Постановка завдання. Об'єктом досліджень вибрано селектори серійних одноциліндрових шкарпеткових автоматів, які призначені для відбору голок механізмом утворення рисунку. Вертикальний рух селекторів відносно циліндричної гольниці забезпечує взаємодія їх п'яток з клинами відповідної замкової системи, а радіальне переміщення – шибери рисунчастих барабанів. Метою роботи є розв'язок прикладної задачі щодо прийняття на етапі проектування обґрунтованих конструктивних заходів по забезпеченню заданого рівня довговічності деталей складних форм без надлишку запасів міцності на прикладі селекторів в'язальних механізмів шкарпеткових автоматів. Необхідно зазначити, що базовими вимогами даного проектного розрахунку повинні слугувати спадковість конструкцій автоматів та результати їх експлуатаційних спостережень, що не підпадає традиційному підходу.

Результати досліджень. Розглядаємо детермінований розрахунок селекторів панчішних автоматів на втомленісну довговічність. Під втомленісною довговічністю розуміємо ресурс T_{pi} як сумарний час в годинах безвідмовної роботи селекторів до втомленісного руйнування. В роботі [4] подано загальні положення переходу від ресурсу селекторів T_{pi} до втомленісного руйнування, який встановлюють за даними експлуатаційних спостережень до числа ударів п'ятки селектора (циклів навантаження) N_{pi} при взаємодії з усіма клинами замкової системи на робочих швидкісних режимах виготовлення різних ділянок виробу. Запропоновано формулу

$$N_{pi} = 60T_{pi}n_iN_i, \quad (1)$$

де n_i , N_i - частота обертання голкового циліндру при виготовленні різних ділянок виробу і число ударів п'ятки селектора з клинами замкової системи за один оберт циліндру. Розрахунку N_i передував аналіз траєкторії руху п'ятки селектора відносно клинів в замкових системах.

До детермінованих, зручних при розгляді однотипних конструктивних елементів, до яких належать селектори, відносять метод розрахунку втомленісної довговічності за рівнянням Веллера. Його доцільно використовувати як залежність між еквівалентними напруженнями $\sigma_{екв_i}$ в небезпечному перерізі селектора та відповідними розрахунковими числами циклів навантаження його до руйнування N_{pi} :

$$\sigma_{екв_i}^m \cdot N_{pi} = const \quad \text{або} \quad \sigma_{екв1}^m N_{p1} = \sigma_{екв2}^m N_{p2}, \quad (2)$$

де i - індекс параметру до ($i = 1$) та після ($i = 2$) модернізації.

Параметр m , за яким враховується нахил ділянки кривої втомленості селекторів, слід обчислювати за формулою $m = (\lg N_1 - \lg N_2) / (\lg \sigma_2 - \lg \sigma_1)$ при наявності даних експлуатаційних спостережень T_{pi} (з переходом до N_{pi}) та результатів розрахунку напружень $\sigma_i = y_{max_i} / A$ в небезпечному перерізі стержня селектора за відповідними значеннями максимального навантаження y_{max_i} та площі перерізу стержня A .

Еквівалентні напруження $\sigma_{екв_i}$ обчислювали як заміну реального ступінчастого навантаження селектора з вираженою закономірністю чергування різних рівнів за цикл виготовлення одного типового виробу за формулою [5]:

$$\sigma_{екв_i} = \sqrt[m]{\sum_i^k (\sigma_i^m \cdot N_i) / N_{pi}} \quad (3)$$

Розглядали загальний випадок розрахунків при одночасній інтенсифікації швидкісного режиму ($n_2 > n_1$) та підвищенні ресурсу селекторів ($T_{p2} > T_{p1}$). Таким чином, вихідними даними на проектування приймали швидкісні параметри автоматів – частоти обертання голкового циліндру n_1 та n_2 ; геометричні параметри замкової системи до модернізації; ресурс T_{p1} селекторів за результатами експлуатаційних спостережень в виробничих умовах. Також враховувалась зміна кількості клинів замкової системи.

У відповідності до (1) селектору до втомленісного руйнування необхідно витримати в $K_N = N_{p2} / N_{p1} = T_{p2} \cdot n_2 / T_{p1} \cdot n_1 = K_T \cdot K_n$ раз більше число навантажень. Тоді

$$N_{p2} = K_T \cdot K_n \cdot N_{p1} = \frac{T_{p2} n_2}{T_{p1} n_1} \cdot N_{p1} \quad (4)$$

Після підстановки (4) в (2) та виконання певних перетворень, отримаємо:

$$\sigma_{екв2} = \sigma_{екв1} \sqrt[m]{N_{p1} / N_{p2}} = \sigma_{екв1} \sqrt[m]{(T_{p1} \cdot n_1) / (T_{p2} \cdot n_2)} = \sigma_{екв1} \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} \quad (5)$$

Таким чином, для виконання умов $n_2 > n_1$ та $T_{p2} > T_{p1}$ конструктивними мірами необхідно передбачити зменшення еквівалентного напруження в небезпечному перерізі стержня селектора в $\sqrt[m]{K_T \cdot K_n}$ раз. Очевидно, що практично зменшення напружень досягається зміною умов взаємодії селекторів з клинами.

Модернізація замкової системи для селекторів за кількістю клинів (рисунок) полягає в заміні нахилоного клина 2 для опускання селектора через штовхач, на клин 4 для роздільного їх опускання, що безпосередньо забезпечує аналогічну траєкторію селекторів та підвищує функціональну надійність системи штовхач – селектор. Тому необхідно вносити доповнення в розрахунок, в якому враховується зміна кількості клинів в системі. В іншому маємо спадковість конструкції замкових систем.

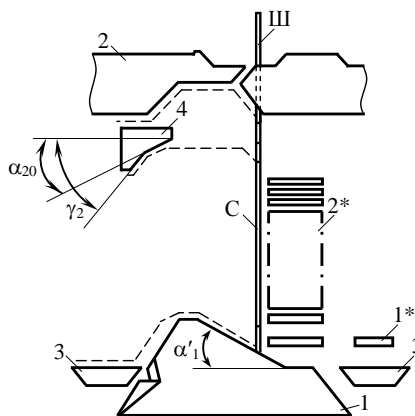


Рис. Замкова система селекторів С та штовхачів Ш в'язальних механізмів шкарпеткових автоматів: 1 – підйомний клин заклучення; 2,4 - кулірні (нахилені) клини; 3 – горизонтальний обмежувальний клин; 1*, 2* - шибери барабанів утворення рисунків; кути нахилу робочих граней клинів

α_1 ; α_{20} та γ_2

Враховуючи (1), обчислювали розрахункове число циклів N_{pi} навантаження селекторів до руйнування за формулою:

$$N_{pi} = 60T_{pi}n_i(N_1 + N_2 + N_3), \quad (6)$$

де N_1, N_2, N_3 - число ударів селектора з клинами 1, 2 та 3 за один оберт голкового циліндру.

За рівнянням (3), маємо наступні еквівалентні напруження селекторів:

- до модернізації

$$\sigma_{екв1} = \left(\frac{1}{N_{p1}} (\sigma_1^m N_1 + \sigma_2^m N_2 + \sigma_3^m N_3) \right)^{\frac{1}{m}}; \quad (7)$$

- після модернізації, враховуючи перетворення

$$\sigma_{екв2} = \left(\frac{1}{N_{p1}} (\sigma_{1M}^m N_1 + \sigma_{3M}^m N_3 + \sigma_{4M}^m N_4) \right)^{\frac{1}{m}}, \quad (8)$$

де σ_1 та σ_{1M} - напруження в селекторі при взаємодії з клином 1 до та після модернізації; σ_3 та σ_{3M} - аналогічні напруження при взаємодії з клином 3; σ_2 - напруження в селекторі при взаємодії з клином 2 через штовхач в конструкції до модернізації; σ_{4M} - напруження в селекторі при взаємодії з введеним в конструкцію клином 4; N_1, N_3 та N_{1M}, N_{3M} - число циклів навантаження селектора до руйнування з клинами 1 та 3 до модернізації та після; N_2 та N_{4M} - аналогічно при взаємодії з клинами 2 та 4.

Виконавши підстановки (7) та (8) в (5) з урахуванням $N_2 = N_4$, отримаємо

$$\left(\frac{1}{N_{p1}} (\sigma_{1M}^m N_1 + \sigma_{3M}^m N_3 + \sigma_{4M}^m N_4) \right)^{\frac{1}{m}} = \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} \left(\frac{1}{N_{p1}} (\sigma_1^m N_1 + \sigma_2^m N_2 + \sigma_3^m N_3) \right)^{\frac{1}{m}}$$

або

$$(\sigma_{1M}^m N_1 + \sigma_{3M}^m N_3 + \sigma_{4M}^m N_4)^{\frac{1}{m}} = \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} (\sigma_1^m N_1 + \sigma_2^m N_2 + \sigma_3^m N_3)^{\frac{1}{m}}. \quad (9)$$

Зрозуміло, що здійснення умови (9) можливе при рівності складових

$\sigma_{1M}^m N_1 = \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} \sigma_1^m N_1$; $\sigma_{3M}^m N_3 = \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} \sigma_3^m N_3$ та $\sigma_{4M}^m N_4 = \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} \sigma_2^m N_2$ або при $N_2 = N_4$

$$\sigma_{1M}^m = \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} \sigma_1^m; \quad \sigma_{3M}^m = \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} \sigma_3^m \quad \text{та} \quad \sigma_{4M}^m = \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} \sigma_2^m \quad (10)$$

Тоді для зміни ресурсу селектора в K_T раз за критерієм втомленісної міцності та частоти обертання голкового циліндру в K_n раз, необхідно зменшувати еквівалентні напруження в небезпечному перерізі в $\sqrt[m]{K_T \cdot K_n}$ рази. Допустимим також є перерозподіл еквівалентних напружень σ_{1M} , σ_{2M} та σ_{3M} при взаємодії селектору з різними клинами при збереженні умови (9). До загальних рекомендацій зменшення напружень відносять:

а) збільшення розмірів небезпечного перерізу селектору, що неприпустимо без зміни класу автомату;

б) зниженням швидкості ударів п'ятки селектора з клинами, що суперечить завданню інтенсифікації швидкісного режиму $n_2 > n_1$;

в) зменшенням ударних навантажень на селектор за рахунок зміни умов взаємодії його п'ятки з клинами, що практично можливо реалізувати.

Висновки. Представлені основні положення розрахунків, які на стадії проектування дозволяють аналізувати ефективність конструкторських рішень замкових систем в'язальних механізмів за встановленим рівнем втомленісної довговічності селекторів при заданому числі циклів навантаження, яке обумовлене конструкцією клинів за призначенням та їх кількістю. Отримано умови одночасного забезпечення швидкісної інтенсифікації автомату та підвищення заданої довговічності селекторів, узагальнені напрямки по їх досягненню. Практичні рекомендації за математичної підтримки прийняття раціональних конструкторських рішень дозволяють також скоротити тривалість та витрати на проектування.

Список використаної літератури

1. Піпа Б. Ф. Удосконалення робочих органів механізмів в'язання круглов'язальних машин: Монографія [Текст] / Б. Ф. Піпа, С. А. Плешко. – К.: КНУТД, 2012. – 471 с.
2. Березін Л. М. Розрахунок податливої грані клину за критеріями жорсткості та довговічності [Текст] / Л. Березін // Вісник КНУТД. – 2016. – №3 (98). – С.68-74.
3. Березін Л. М. Розрахунки довговічності та надійності стержньових елементів голкового циліндру панчішно-шкарпеткових автоматів [Текст] / Л. Березін // Вісник ХНУ (Технічні дисципліни). – 2011. – №5. – С.17-20.
4. Березін Л. М. Експлуатаційні спостереження як інструмент дослідження надійності обладнання [Текст] / Л. Березін, Ю. Ковальов // Вісник КНУТД. – 2015. – №2 (84). – С.18-25.
5. Когаев В. П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность: Справочник [Текст] / В. П. Когаев, Н. А. Махутов, А. П. Гусенков. - М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.

References

1. Pipa B. F., Pleshko S.A. Udoskonalennia robochykh orhaniv mekhanizmv v'iazannia kruhlov'iazalnykh mashyn: Monohrafiia [Improving the working details of knitting mechanisms of knitting machines: Monograph] Kyiv, KNUTD Publ., 2012. 471 p.
2. Berezin L. M. Rozrakhunok podatlyvoi hrani klynu za kryteriiamy zhorstkosti ta dovhovichnosti [Calculation of the flexibility plate of the cam according to the criteria of rigidity and longevity]. Visnyk kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu - Bulletin of Kiev National University of Technologies & Design, 2016. Vol. 3. pp. 68-74.
3. Berezin L. M. Rozrakhunky dovhovichnosti ta nadiinosti sterzhnovykh elementiv holkovoho tsylindru panchishno-shkarpetkovykh avtomativ [Calculations of the longevity and reliability for rod elements in cylinder of hosiery machines]. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho Universytetu - Bulletin of Khmelnytsky National University, 2011. Vol. 5. pp. 17-20
4. Berezin L. M., Kovalov Iu. A. Ekspluatatsiini sposterezhennia yak instrument doslidzhennia nadiinosti obladnannia [Operating monitoring as instrument of research of equipment

reliability]. Visnyk kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu - Bulletin of Kiev National University of Technologies & Design, 2015. Vol. 2. pp. 18-25.

5. Kohaev V. P., Makhutov N. A., Husenkov A. P. Raschetы detalei mashyn y konstruktsyi na prochnost y dolhovечnost: Spravochnyk [The calculations the details and structures of machines on strength and longevity: Handbook] Moscow, Mashynostroenye Publ., 1985. 224 p.

ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ СЕЛЕКТОРОВ НОСОЧНЫХ АВТОМАТОВ НА УСТАЛОСТНУЮ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

БЕРЕЗИН Л.Н.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Развитие методологии решения прикладных задач с многовариантностью решений применительно принятию на этапе проектирования обоснованных усовершенствований по обеспечению заданного уровня долговечности деталей сложных форм без излишка запасов прочности на примере селекторов вязальных механизмов носочных автоматов.

Методика. Используются современные методы расчетов долговечности деталей машин по критерию усталостной прочности в детерминированной постановке и положения, которые регламентируют использование данных эксплуатационных наблюдений оборудования при проектировании новых моделей при условии наследственности конструкций.

Результаты. Представлены основные положения для корректировки и доработке конструкций-прототипов замковых систем носочных автоматов, которые способствуют математической поддержке принятия рациональных конструкторских решений и позволяют оценивать эффективность решения по модернизации вязальных механизмов. Получены условия одновременного обеспечения скоростной интенсификации автомата и повышения заданной долговечности селекторов, обобщены направления по их достижению

Научная новизна. Впервые предложенный системный подход, который отличается от общепринятого в практике проектирования носочных автоматов, заключающийся в решении обратной задачи усовершенствования замковых систем клиньев по их количеству, геометрическим и упругим параметрам при заданных нормах долговечности селекторов игольного цилиндра.

Практическая значимость. Представлены практические рекомендации, использование которых позволяет на стадии проектирования принимать прогрессивные конструкторские решения в замковых системах вязальных механизмов и анализировать эффективность этих изменений по условию обеспечения заданной долговечности селекторов, сократить продолжительность и расходы на проектирования

Ключевые слова: проектирование, носочный автомат, селектор, расчеты, усталостная долговечность.

**DESIGN ANALYSIS OF SELECTORS OF HOSIERY MACHINES ON FATIGUE
LONGEVITY**
BEREZIN L. N.

Kiev National University of Technologies & Design

Purpose. Development of the methodology for solution applied tasks for accepting by the design stage of rationale improvements for a given level of longevity on the example of selectors of knitting mechanism of hosiery machinery.

Methodology. Were used modern methods of analysis of machine parts by the criterion of fatigue strength in the deterministic approach and provisions on the use of observational data of operating equipment in the design of new models with structural heredity.

Findings. Were presented the main provisions that promote for mathematical support of adoption of rational design solutions and allows evaluate the effectiveness of solutions for the modernization of knitting mechanism. Were obtained the conditions for simultaneously increasing the speed of the machine and by the longevity of the selectors; summarizes the directions for their achievement.

Originality. Complex approach is first presented which differs from that design in practice hosiery machines and consists in solving the inverse problem to improve of the cams in their number, geometric and elastic parameters depending on the given longevity of the selectors.

Practical value. Were presents practical recommendations for adoption at the design stage of advanced design solutions to systems of cams of knitting mechanism and for analysis of the effectiveness of these solutions according to the criterion of durability the selectors. This cuts the duration and costs of the design.

Keywords: cam, selector, design, calculation, hosiery machines, fatigue longevity.