

КИНЕМАТИЧНО МОДЕЛИРАНЕ НА МОДУЛАТОРА НА РОТАТИВНА НИЩЕЛКОВА УРЕДБА "ЩОЙБЛИ - СЕРИЯ 2600"

Мина Цонева, Ивелин Рахнев, Калоян Димитров

mina_todorova@abv.bg, i_rahnev@tu-sofia.bg, ka_dimitrov@tu-sofia.bg

Технически Университет - София, Факултет и Колеж - Сливен

РЕЗЮМЕ

В настоящата разработка е представен кинематичен модел на модулатор от ротативна нищелкова уредба "Щойбли - серия 2600". За кинематичното изследване на модулатора е приложен аналитичен метод на затворените векторни контури. Изведени са уравнения, които предоставят възможност за решаване на различни задачи от кинематиката на модулатора. В изложението на разработката са представени числени решения две задачи, които включват определяне функцията на положение на механизма, закона на движение на изходящото звено и профилиране еквилидистантния контур на гърбицата.

Ключови думи: тъкачни машини, модулатор, ротативна нищелкова уредба, кинематично моделиране

KINEMATIC MODELLING OF THE ROTARY DOBBY MODULATOR "STAUBLI - SERIES 2600"

Mina Tzoneva, Ivelin Rahnev, Kaloyan Dimitrov

mina_todorova@abv.bg, i_rahnev@tu-sofia.bg, ka_dimitrov@tu-sofia.bg

Technical University- Sofia, Faculty and College - Sliven

ABSTRACT

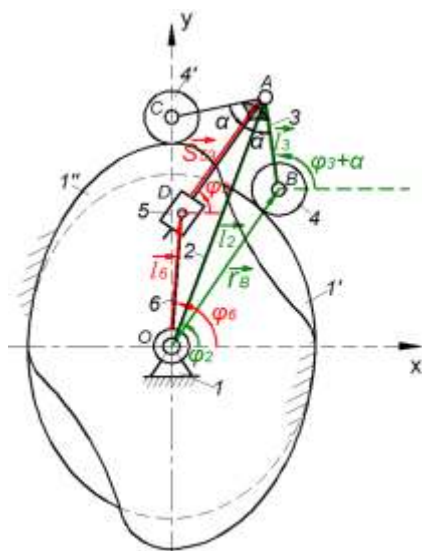
This paper presents a kinematic model of the modulator by rotating the shaft system "STAUBLI - series 2600". For kinematic study of the modulator is applied analytical method of closed vector contours. They are derived equations that make it possible to solve various problems of the kinematics of the modulator. In the statement of development are presented numerical solutions two tasks include determining the function of the position of the mechanism, the law of movement of the output member and profiling equidistant contour cam.

Key words: weaving machines, modulator, rotary dobby, kinematic modelling

УВОД

Модуляторът от ротативна нищелкова уредба е основния механизъм, който осигурява необходимия закон за движение на изпълнителните звена на нищелковите механизми при тъкачни машини. В разработките [Drean, Jean-Yves, Weaving lectures, National School of Engineers Southern Alsace, LPMT], [Eren, R., G. Özkan, Y. Turhan, Kinematics of rotary dobby and analysis of heald frame motion in weaving process, Textile Research Journal, 2008], [Abulla, G., B. Hasçelik, S. Palamutcu, A. Soydan, Synthesis work about driving mechanism of a novel rotary dobby mechanism, Tekstil ve Konfeksiyon, 3, 2010] са направени теоретични и експериментални изследвания, които показват основното функционално предназначение на модулятора. Неговата задача е да преобразува постоянната ъглова скорост в променлива или да осигури момент на престой. В [Dimitrov, K., I. Rahnev, Comparativ description of the rotary dobby modulator, Textile & Garment Journal, 7, 2016] е предложена принципна и кинематична схема на модулятора на нищелкова уредба "STAUBLI (Щойбли)" - серия 2600.

В настоящата разработка е създаден кинематичен модел на модулятора. Приложен е метода на затворените векторни контури, показани на **Фигура 1**.



Фигура 1 Затворени векторни контури на модулятор от ротативна нищелкова уредба.

Геометричен модел

Положението на механизма е определено спрямо координатната система Oxy чрез векторните уравнения:

$$\overset{\textcircled{R}}{r_B} + \overset{\textcircled{R}}{l_3} = \overset{\textcircled{R}}{l_2}, \quad \overset{\textcircled{R}}{l_6} + \overset{\textcircled{R}}{S_{53}} = \overset{\textcircled{R}}{l_2}, \quad (1)$$

където $\overset{\textcircled{R}}{l_2}$, $\overset{\textcircled{R}}{l_3}$ и $\overset{\textcircled{R}}{l_6}$ са вектори с постоянна големина равни на геометричните размери на звена 2 (OA), 3 (BA) и 6 (OD), и променливи направления в зависимост от движенията на съответните звена, $\overset{\textcircled{R}}{r_B} = \overset{\textcircled{R}}{r_B}(t)$ е радиус вектор на центъра на ролката 4, съответстващ на еквилибантния профил на гърбичен контур I' , $\overset{\textcircled{R}}{S_{53}}$ е вектор с променлива големина и направление, съответно за завъртането на звено 3. След проектиране на (1) по осите на координатната система Oxy се получават скаларните уравнения:

$$\begin{cases} x_B + l_3 \cdot \cos(j_3 + \alpha) = l_2 \cdot \cos j_2 \\ y_B + l_3 \cdot \sin(j_3 + \alpha) = l_2 \cdot \sin j_2 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} l_6 \cdot \cos j_6 + S_{53} \cdot \cos j_3 = l_2 \cdot \cos j_2 \\ l_6 \cdot \sin j_6 + S_{53} \cdot \sin j_3 = l_2 \cdot \sin j_2 \end{cases} \quad (3)$$

където $x_B = x_B(t)$, $y_B = y_B(t)$ са координатите на радиус вектора $\overset{\textcircled{R}}{r_B}$, $j_2 = j_2(t)$ - ъгъл на завъртане на входящото звено 2, $j_3 = j_3(t)$ - ъгъл на завъртане на звено 3 и $j_6 = j_6(t)$ - ъгъл на завъртане на изходящото звено 6.

Кинематичен модел

След двукратно диференциране на (2) и (3) спрямо времето се получават зависимости за скоростите и ускоренията.

$$\begin{cases} \dot{x}_B - l_3 \cdot \omega_3 \cdot \sin(j_3 + \alpha) = -l_2 \cdot \omega_2 \cdot \sin j_2 \\ \dot{y}_B + l_3 \cdot \omega_3 \cdot \cos(j_3 + \alpha) = l_2 \cdot \omega_2 \cdot \cos j_2 \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} -l_6 \cdot \omega_6 \cdot \sin j_6 + V_{53} \cdot \cos j_3 - S_{53} \cdot \omega_3 \cdot \sin j_3 &= -l_2 \cdot \omega_2 \cdot \sin j_2 \\ l_6 \cdot \omega_6 \cdot \cos j_6 + V_{53} \cdot \sin j_3 + S_{53} \cdot \omega_3 \cdot \cos j_3 &= l_2 \cdot \omega_2 \cdot \cos j_2 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \ddot{x}_B - l_3 \cdot \epsilon_3 \cdot \sin(j_3 + \alpha) - l_3 \cdot \omega_3^2 \cdot \cos(j_3 + \alpha) &= -l_2 \cdot \epsilon_2 \cdot \sin j_2 - l_2 \cdot \omega_2^2 \cdot \cos j_2 \\ \ddot{y}_B + l_3 \cdot \epsilon_3 \cdot \cos(j_3 + \alpha) - l_3 \cdot \omega_3^2 \cdot \sin(j_3 + \alpha) &= l_2 \cdot \epsilon_2 \cdot \cos j_2 - l_2 \cdot \omega_2^2 \cdot \sin j_2 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned}
 & - l_6 \cdot e_6 \cdot \sin j_6 - l_6 \cdot w_6^2 \cdot \cos j_6 + a_{53}^r \cdot \cos j_3 - \\
 & - 2 \cdot V_{53} \cdot w_3 \cdot \sin j_3 - S_{53} \cdot e_3 \cdot \cos j_3 - \\
 & - S_{53} \cdot w_3^2 \cdot \cos j_3 = - l_2 \cdot e_2 \cdot \sin j_2 - l_2 \cdot w_2^2 \cdot \cos j_2 - \\
 & l_6 \cdot e_6 \cdot \cos j_6 - l_6 \cdot w_6^2 \cdot \sin j_6 + a_{53}^r \cdot \sin j_3 + \\
 & + 2 \cdot V_{53} \cdot w_3 \cdot \cos j_3 + S_{53} \cdot e_3 \cdot \sin j_3 - \quad (7) \\
 & - S_{53} \cdot w_3^2 \cdot \sin j_3 = l_2 \cdot e_2 \cdot \cos j_2 - l_2 \cdot w_2^2 \cdot \sin j_2
 \end{aligned}$$

В системи (4) и (5) ω_2 , ω_3 и ω_6 са ъгловите скорости съответно на задвижващото звено 2, вилката 3 и изходящото звено 6, V_{53} е релативната скорост на плъзгача 5.

В системи (6) и (7) ε_2 , ε_3 и ε_6 са ъгловите ускорения на съответните звена, a_{53}^r е релативното ускорение на плъзгача 5.

Изведените уравнения дават възможност да се решават различни задачи от кинематиката на модулатора. Например:

Задача 1: При зададен закон за движение на входящото звено $j_2 = j_2(t)$, уравнение на екидистантния контур на едната гърбица и начални положения на звената може да се определи функцията на положение на механизма или закона на движение на изходящото звено $j_6 = j_6(t)$.

Задача 2: При зададен закон на движение на входа и изхода на модулатора, при конкретни начални условия може да се профилира екидистантния контур на гърбицата.

Синтез на екидистантния контур на контра-гърбицата 1"

За определяне на профила на контра-гърбицата 1", по която се движат ролките 4" е достатъчно да се разгледа затворения контур 1 - 2 - 3 - 4. Екидистантния контур съвпада с траекторията на т. С (Фигура 1). Следователно е необходимо да се изведат зависимости за закона на движение на тази точка. Радиус вектора на т. С се определя по:

$$\vec{r}_C = \vec{l}_2 + \vec{l}_3', \quad (8)$$

където $\vec{l}_3'$ - вектор с големина $l_3 = AB'$. Зависимост (8) се проектира по x и y и се получава система уравнения:

$$\begin{cases}
 x_C = l_2 \cdot \cos j_2 + l_3' \cdot \cos j_3' \\
 y_C = l_2 \cdot \sin j_2 + l_3' \cdot \sin j_3'
 \end{cases} \quad (9)$$

Тук $\varphi_3' = \varphi_3 + \pi - \alpha$, където α е конструктивен размер от звено 3.

Уравнения (9) определят екидистантния контур на контра-гърбицата.

Числени решения в средата на програмен продукт MATLAB

В среда на програмен продукт MATLAB са създадени блокови структури за решаване на формулираните задачи на кинематиката на модулатора.

Числено решение на задача 1

Входни данни

Задачата за определяне на функцията на положение на механизма е решена при следните входни данни:

• **Геометрични размери:**

$$\begin{aligned}
 OA = l_2 = 0,66 \text{ m}, AB = AC = 0,36 \text{ m}, \\
 OD = l_6 = 0,4 \text{ m}, \alpha = 3060^\circ
 \end{aligned} \quad (10)$$

• **Ъглова скорост на входящия вал**

$$\omega_2 = 1 \text{ s}^{-1} = \text{const} \quad (11)$$

• **Уравнения на екидистантния контур на гърбица 1.**

За решаване на задачата е прието гърбица 1 да е с форма на елипса. Параметричните уравнения на екидистантната крива имат вида:

$$x_B = a \cdot \cos \varphi; y_B = b \cdot \sin \varphi, \quad (12)$$

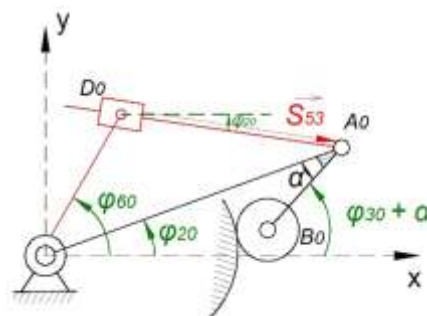
където: $a = 0,366 \text{ m}$, $b = 0,577 \text{ m}$, $\varphi = \varphi(t)$ - аргумент.

• **Начални условия:**

Началното положение на механизма е показано на **Фигура 2**. Началните условия са определени при $\varphi_0 = 0^\circ$. В сила са зависимостите:

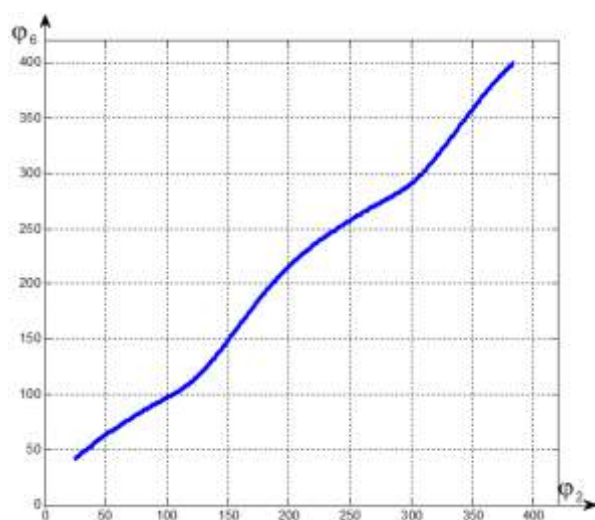
$$\begin{aligned}
 j_{20} &= \arccos \frac{\sqrt{l_1^2 + l_2^2 - l_3^2}}{2 \cdot l_1 \cdot l_2} \\
 j_{30} &= 180^\circ - \alpha - \arccos \frac{\sqrt{l_1^2 + l_3^2 - l_2^2}}{2 \cdot l_1 \cdot l_3}
 \end{aligned} \quad (13)$$

Началните условия за звена 6 и 5 се определят от зависимости (3).

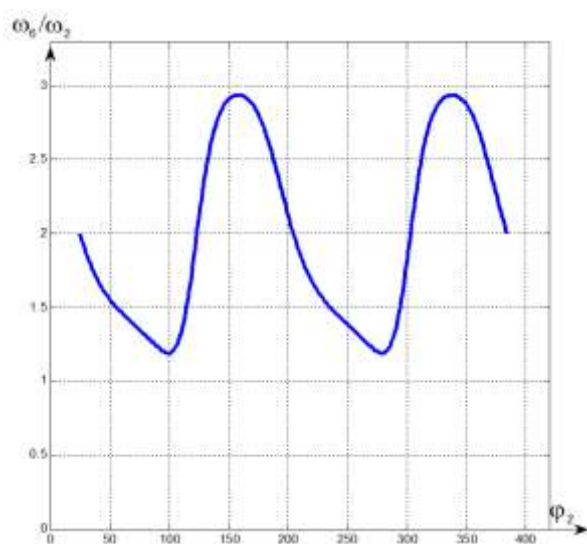


Фигура 2 Начално положение на механизма от задача 1

Числени резултати



а)



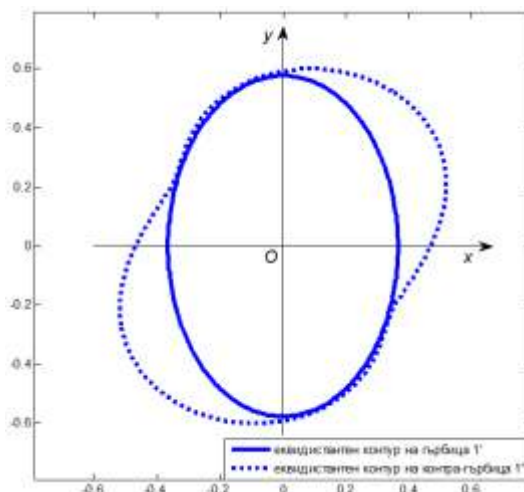
б)

Фигура 3 ФП и ППФ на модулятора

Създадената блокова структура в Matlab, toolbox Simulink решава уравнения (4) и (5) относно първата производна на аргумента j и неизвестните ъгловите скорости ω_3 и ω_6 на вилката 3 и изходящото звено 6, както и релативната скорост на плъзгача V_{53} . Чрез числено интегриране са получени геометричните параметри. Ускоренията се изчисляват от (6) и (7).

Извършени са числени експерименти за един оборот на входящото звено 2, при вариране на конструктивния ъгъл α от 30° до 60° . На **Фигура 3а** и **б** са показани функцията на положение (ФП) и първата предавателна функция (ППФ) на модулятора при $\alpha = 47^\circ$.

На **Фигура 4** са показани еквилибантните контури на гърбицата и контра-гърбицата.



Фигура 4 Еквилибантните контури на гърбица 1 и контра-гърбица 1

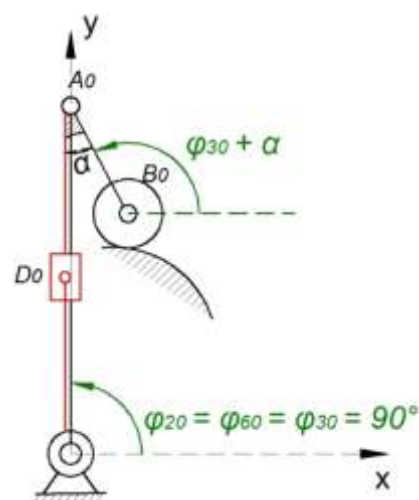
Числено решение на задача 2

Входни данни

Задачата за определяне на еквилибантните профили на гърбицата и контра-гърбицата при зададени закони на движение на входа и изхода на модулятора е решена при входни данни (10), (11) и $\alpha = 47^\circ$.

Началното положение на механизма е показано на **Фигура 5**. Началните условия са определени при $\varphi_{20} = \varphi_{30} = \varphi_{60} = 90^\circ$, в сила е зависимостта:

$$S_{53_0} = l_2 - l_6 \quad (14)$$

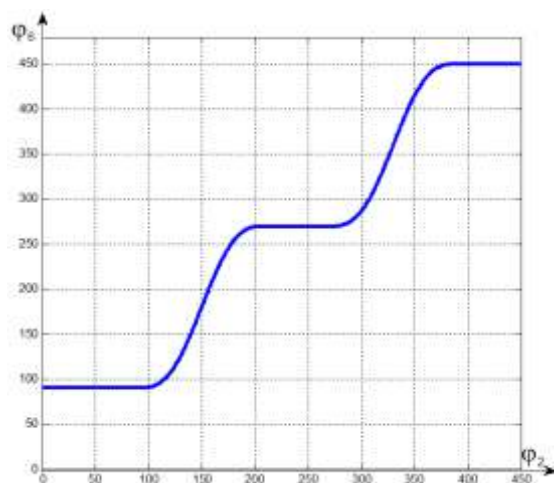


Фигура 5 Начално положение на механизма от задача 2

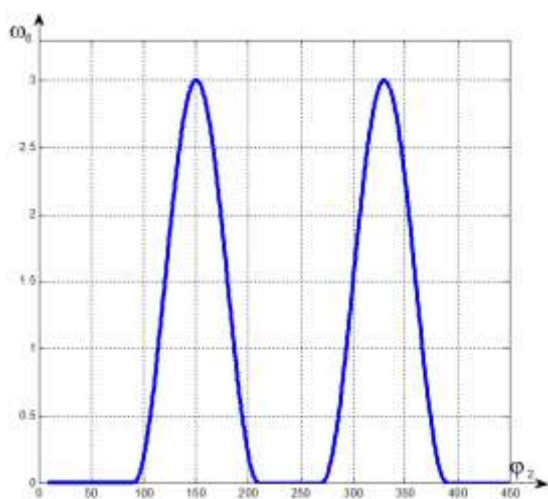
Законът на движението на изпълнителното звено е зададен чрез циклоидална функция, така че да се осъществи престой в рамките на един оборот на задвижващото звено.

Числени резултати

Чрез създадената блокова структура за решаване на задача 2 са извършени числени експерименти при вариране на ъглите на завъртане на входящото звено, при които се осъществява престой на изходящото звено. В настоящата работа са представени резултати при $\varphi_6(\varphi_2)$ и $\omega_6(\varphi_2)$ от Фигура 6а и б.



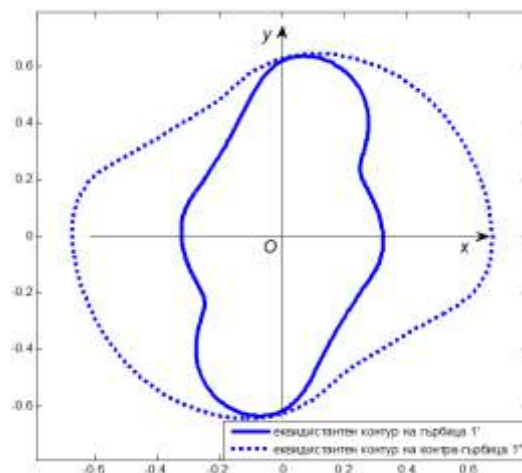
а)



б)

Фигура 6 Закон за движение на изпълнителното звено

Еквидистантните контури на гърбицата и контра-гърбицата за осъществяване на зададените закони за движение на входа и изхода на модулятора са показани на Фигура 7.



Фигура 7 Еквидистантни контури на гърбица 1 и контра-гърбица 1

Анализ и дискусия

Модуляторът в ротативните нищелкови уредби е сравнително нов механизъм в текстилното машиностроене. Неговата тясна специализация се отнася до образуването на тъкачната уста в рамките на тъкачния цикъл.

Особеността в задвижването на нищелките при класическите механизми за образуване на тъкачната уста се изразява в обособяването на две фази на задвижването. За един оборот на нищелковата уредба нищелките извършват двукратно вертикално движение между две крайни точки с постоянни координати и престоят също двукратно в тези крайни точки за прокарване на вътъка. Плавното движение на нищелките и съответно плавното разтегляне и отпускане на основните нишки се постигат от особенения профил на задвижващите гърбици на ножовите нищелкови уредби. По същия начин и престоят, като относителен покой на нищелките, се дължи на обособените сектори в посочените гърбици.

Задвижването на нищелките посредством ротативни нищелкови уредби се осъществява с ексцентрици по синусоидален закон. В този случай основните нишки са подложени на плавно разтегляне и отпускане, което е изключително предимство от технологична гледна точка на тъкачния цикъл.

Непрестанното движение на нищелките означава отсъствие на престой, т.е. на относителен покой, необходим за прокарване на вътъка. Независимо от регулираното и високоскоростно движение на гъвкавите рапири, те могат да прекосят тъкачната уста или, ако тя ос-

тане отворена за необходимото време, или ако се отваря с височина, достатъчна за безконтактното им движение. Перспективното решение на проблема се намира в осигуряването на относителен покой, или поне на някакво забавяне в движението на нищелките при отворена тъкачна уста.

При ротативните нищелкови уредби, модулаторът е този механизъм, който изпълнява ролята на периодичен забавител в синусоидалното задвижване на нищелките.

От извършеното кинематично моделиране се установява, че при постоянна ъглова скорост на входящия вал в модулатора, неговият изходящ вал се върти с променлива ъглова скорост и се получават периоди на забавяне и относителен покой. В резултат на предавателната функция на модулатора, ротативната нищелкова уредба получава задвижване с периодично забавяне в хармоничната функция на ексцентриците. Модулаторът е междинно звено между основния вал на тъкачната машина и основния вал на ротативната нищелкова уредба. Този механизъм компенсира хармоничната синусоида на задвижването на ексцентриците и осигурява необходимия престой на нищелките за оптимално прокарване на вътъка в тъкачната уста.

От конструкцията на модулатора е видно, че възможното изменение на времето за престой на нищелките може да се получи единствено чрез изменение на профила на ексцентрикните гърбични профили. Т.е. за определен вид тъкачни машини, или технологични изисквания към тъкачния цикъл се монтира съответния комплект от гърбици в модулатора.

Заклучение

В настоящата разработка е поставено началото на кинематичното моделиране на модула-

тора на ротативна нищелкова уредба за управление на нищелковия комплект на тъкачен стан с гъвкави папири.

От приложените числови методи за синтез на затворени векторни контури се установи възможната машинна настройка на модулатора чрез ексцентрикните гърбици.

В бъдещите разработки, темата ще бъде насочена към синтез на гърбичния профил в зависимост от необходимото време на престой на нищелките в крайните положения на отворената тъкачна уста.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Drean, Jean-Yves, Weaving lectures, National School of Engineers Southern Alsace, LPMT
- [2] Eren, R., G. Özkan, Y. Turhan, Kinematics of rotary dobby and analysis of heald frame motion in weaving process, Textile Research Journal, 2008
- [3] Abdulla, G., B. Hasçelik, S. Palamutcu, A. Soydan, Synthesis work about driving mechanism of a novel rotary dobby mechanism, Tekstil ve Konfeksiyon, 3, 2010
- [4] Димитров К., И. Рахнев, Сравнително описание на модулатора на ротативна нищелкова уредба, сп. Текстил и облекло бр. 7/2016 г.
- [5] Генова, П., Теория на механизмите и машините, ТУ-София, София, 1994.
- [6] Notice d'instructions Ratière - Type 2668, Stäubli Faverges 2005, F.140.130.01-H - 19/04/2005 2668 - Français (Original)
- [7] Технологична документация на "Е.Миролио" ЕАД, www.emirolio.com