

بررسی تئوری تغییرات کشش نخ تار در عملیات بافندگی

محمد شیخ زاده
دانشجوی دکترا

علی اصغر اصغریان جدی
دانشیار

داود اردوخانی
فارغ التحصیل کارشناسی ارشد

دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

در این بررسی تئوری، پس از مطالعه کارهای محققین قبلی در مورد عوامل تغییر دهنده کشش نخ تار در فرآیند بافندگی و بازکننده های مکانیکی و الکترونیکی نخ تار، ارتباط بین F/T (نیروی وارد بر نخ تار از طرف پل تار F و کشش نخ های تار T) و پارامترهای شعاع پل تار r ، فاصله عمودی پل تار از چله تار h و فاصله افقی (به سمت داخل) پل تار از چله تار p ، به ازاء تغییرات شعاع چله تار در طول عملیات بافندگی به دست آمد. سپس با یک نرم افزار کامپیوتر مقادیر بهینه پارامترهای مذکور جهت ایجاد حداقل تغییرات کشش نخ تار در عملیات بافندگی محاسبه گردید.

A Theoretical Study of Warp Yarn Tension During Weaving Process

A. A. A. Jeddi
Associate Professor

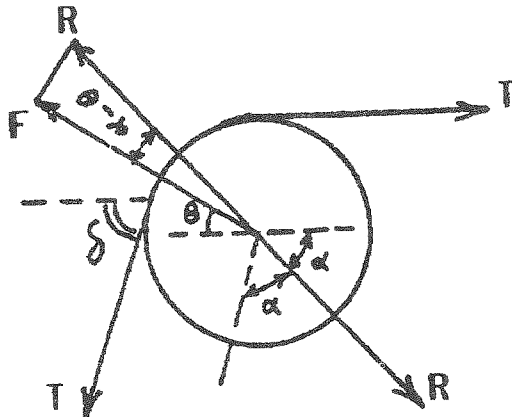
M. Sheikhzadeh
Graduate Student

D. Ordukhani
M.Sc.

Textile Engineering Department
Amirkabir University

Abstract

In this theoretical research, after study the works of previous researchers regarding the factors changing the warp yarn tension during weaving process, and the mechanical and electrical let-off mechanisms, the relationship between F/T (F = the force imposed on the warp yarn from back rest roller & T = warp yarn tension) and the machine parameters (i.e. r = radius of back rest roller, h = the vertical distance between back rest roller and warp beam, and p = the horizontal distance (toward inside) between back rest roller and warp beam) was obtained. Then the optimum values of these parameters to produce the minimum variation of warp yarn tension during weaving process, was calculated by using a computer programme.



شکل (۱) نیروهای وارد بر پل تار و نخ های تار [۵]

ثابت نگه داشتن کشش نخ تار در طول بافندگی از چله پر تا چله خالی، یکی از اهدافی است که در رگولاتورهای ماشین های بافندگی همواره دنبال می گردد. ثابت نبودن کشش نخ تار مشکلاتی همچون عدم یکنواختی تراکم پودی پارچه، عدم یکنواختی خواص فیزیکی و رنگریزی پارچه را به دنبال دارد. بنابراین همواره سعی بر این است که کشش متوسط نخ تار در طول بافندگی ثابت نگه داشته شود. در اغلب رگولاتورها سعی می شود که تغذیه به نحوی انجام گردد که محل پل تار تنظیم کننده در یک نقطه ثابت بماند. اما اگر محل پل تار در یک نقطه ثابت بماند، باز هم تغییرات کشش در طول بافندگی وجود خواهد داشت. علت اصلی این تغییرات، تغییر قطر غلتک تار (چله) در طول بافندگی است. در خصوص کشش نخ تار در بازکننده های الکترونیکی و مکانیکی تحقیقاتی انجام گرفته است.

بازکننده های مکانیکی نوع Hunt از سال ۱۹۵۰ بر روی ماشین های ساخت انگلیس و امریکا نصب گردیدند [۱]. سولزر روتی بازکننده نخ تار مستقلمی را طراحی نموده که در آن از یک موتور با سرعت متغیر استفاده شده است و سرعت موتور توسط وضعیت میله کشش کنترل می شود [۲]. Lunenschloss و Schlichter [۲] در سال ۱۹۸۷ اشاره کرده اند که در تغذیه کننده های الکترونیکی نخ تار می توان از موتورهای DC و یا از موتورهای سنکرون ویژه استفاده نمود.

در واحدهای تغذیه نخ تار مکانیکی فقط سیستم های حس کننده غلتکی (پل های تار) می توانند کشش نخ تار را به حرکت مورد استفاده تبدیل کنند، اما در بازکننده های نخ تار الکترونیکی دامنه وسیعی از سیستم ها وجود دارد که اندازه گیری در آنها امکان پذیر می باشد. امروزه روش متداول اندازه گیری کشش نخ تار در تغذیه کننده های نخ تار الکترونیکی، پل تار پیشنهاد گردیده است [۴]. در اکثر ماشین های بافندگی، از این سیستم به عنوان عنصر اندازه گیری استفاده شده است.

۲- بررسی تغییرات کشش نخ تار در اثر تغییر قطر غلتک تار

هنگامیکه نخ ها تحت کشش از روی پل تار عبور می کنند، بر پل تار نیرو وارد می گردد. پل تار نیز نیرویی مساوی این نیرو به نخ های تار وارد می کند [۵]. نیروهای وارد بر پل تار و نخ های تار در شکل (۱) رسم شده است.

T: نیروی کششی نخ های تار
R: برآیند نیروهای کششی نخ های تار
F: نیروی وارد بر نخ های تار از طرف پل تار
θ: زاویه اعمال نیرو از طرف پل تار بر نخ های تار
فرض می شود که مقدار و جهت نیروی F در طی بافندگی (از ابتدا تا انتهای چله) تغییر نکند. اگر مقدار باز شدن نخ تار (سرعت خطی غلتک تار) ثابت بماند، مقدار نیروی F تغییر نخواهد کرد، اما جهت نیروی F با پایین آمدن تدریجی پل تار در طی خالی شدن چله تغییر می کند که از این تغییرات ناچیز صرف نظر می شود.
باتوجه به شکل (۱) می توان روابط زیر را بیان کرد:

$$F = R \cos(\alpha - \theta) \quad (1)$$

$$R = 2 T \cos \alpha \quad (2)$$

با ترکیب دو رابطه (۱) و (۲) داریم [۵]:

$$F / T = \cos \theta (1 - \cos \delta) + \sin \theta \sin \delta \quad (3)$$

باتوجه به اینکه نیروی F ثابت است، بنابراین اگر مقدار نسبت F/T ثابت بماند، مقدار نیروی T یعنی نیروی کشش نخ های تار نیز ثابت خواهد ماند.
اگر به رابطه (۳) توجه شود، مشاهده می گردد که مقدار F/T بستگی به مقادیر θ و δ دارد.
زاویه θ بستگی به طراحی سیستم پل تار داشته و برای یک طراحی معین مقدار θ ثابت خواهد بود، اما

الف- در حالتی که $\delta < 90^\circ$ باشد، داریم:

$$\Delta ABC: \text{Cotg}(\pi/2 - \delta) = \frac{AC}{BC} \text{tg}(\delta) = \frac{AC}{BC} \quad (5)$$

از طرفی با مشاهده شکل (۳) داریم:

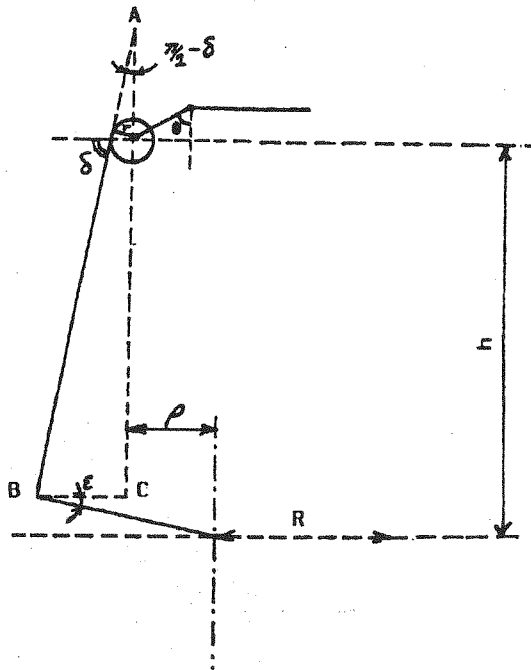
$$AC = h - R \text{Sine} + r \text{Sine} + r \text{Cose} \times \text{tg} \delta$$

$$BC = R \text{Cose} - \rho$$

$$\delta + \varepsilon = \pi / 2 \Rightarrow \text{Sin} \delta = \text{Cose} \varepsilon, \text{Cos} \delta = \text{Sine} \varepsilon$$

با جایگزینی مقادیر فوق در رابطه (۵) داریم:

$$\frac{\text{Sin} \delta}{\text{Cos} \delta} = \frac{h + (r - R) \text{Cos} \delta + r \text{Sin} \delta \times \text{tg} \delta}{R \text{Sin} \delta - \rho} \quad (6)$$



شکل (۳) وضعیت زاویه δ در حالت چله پر

مقدار زاویه δ بستگی به تغییر قطر غلتک تار دارد. به تدریج که چله خالی می شود، زاویه δ تغییر خواهد کرد، بنابراین مقدار F/T نیز باتوجه به تغییر δ مطابق رابطه (۲) در طول بافندگی تغییر خواهد نمود.

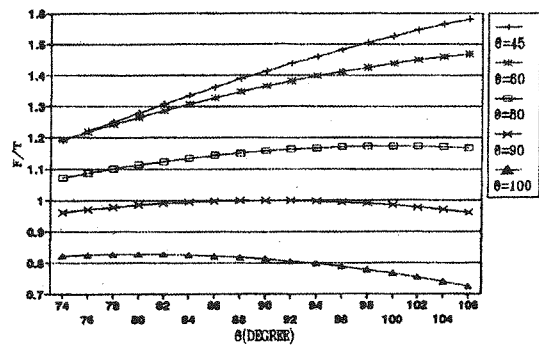
اگر منحنی مقادیر F/T برحسب تغییرات زاویه δ (از چله پر تا چله خالی) برای مقادیر مختلف θ رسم شود، نتایج بسیار جالبی در این رابطه مشاهده می گردد. این منحنی ها در شکل (۲) برای مقادیر مختلف θ (از 45° تا 100° درجه) رسم شده است.

همانطور که در شکل (۲) مشاهده می شود، با افزایش θ مقدار تغییرات F/T کاهش می یابد و در $\theta = 90^\circ$ مقدار تغییرات F/T به کمترین مقدار خود می رسد و اگر θ باز هم افزایش یابد ($\theta = 100^\circ$) مقدار تغییرات F/T دوباره افزایش می یابد. لذا این نتیجه جالب به دست می آید که $\theta = 90^\circ$ بهترین مقدار θ بوده که در آن مقدار تغییرات F/T نسبت به دیگر مقادیر θ کمترین مقدار می باشد.

با انتخاب $\theta = 90^\circ$ معادله (۲) به صورت معادله (۴)

در می آید:

$$F/T = \text{Sin} \delta \quad (4)$$



شکل (۲) رابطه بین نسبت F/T بر حسب زاویه نخ های

تار چله نسبت به افق

جهت کاهش بیشتر تغییرات F/T باید مقدار بهینه δ تعیین شود. بدین منظور وضعیت زاویه δ در دو حالت چله پر و چله خالی در اشکال (۳) و (۴) نشان داده شده است و روابط مثلثاتی مربوطه از روی این اشکال تعیین گردیده اند. این معادلات به صورت زیر بیان می شوند.

جایگزینی مقدار δ در رابطه (۴) این روابط را می توان نوشت:

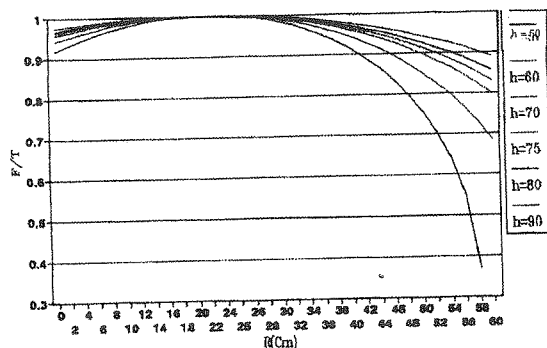
$$F/T = \sin(\pi - \arcsin \frac{R-r}{\sqrt{h^2 + \rho^2}} - \arctg h/\rho) \quad \rho \neq 0 \quad (11)$$

$$F/T = \sin(\arccos \frac{R-r}{h}); \quad \rho = 0 \quad (12)$$

۳- تأثیر پارامترهای h و ρ و r بر مقدار F/T تغییرات

برای اینکه بتوان تأثیر هر یک از پارامترهای h و ρ و r را بر روی منحنی تغییرات F/T برحسب شعاع چله (R) نشان داد، دو پارامتر از سه پارامتر فوق برای نشان دادن تأثیر هر یک ثابت در نظر گرفته می شود.

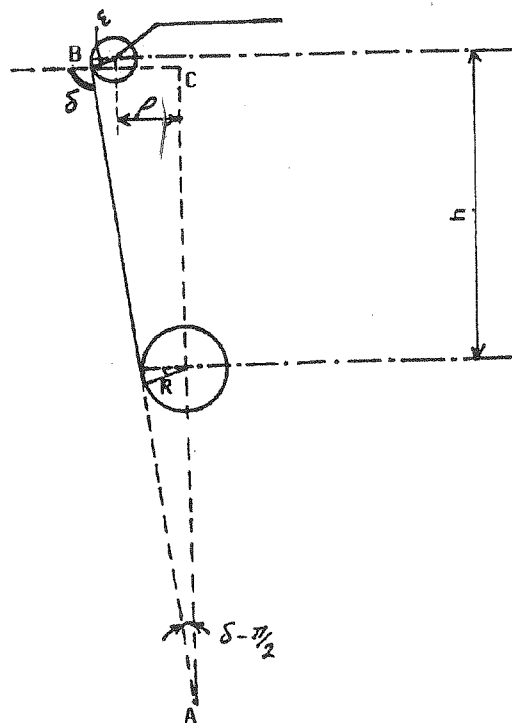
در شکل (۵) منحنی تغییرات F/T برحسب R برای مقادیر مختلف h رسم گردیده است (با مقادیر ثابت $\rho = 15$ و $r = 6$).



شکل (۵) رابطه بین نسبت F/T برحسب شعاع چله تار برای مقادیر مختلف فاصله عمودی پل تار و اسنو

همانطور که مشاهده می شود با افزایش مقدار h منحنی F/T به سمت خط $F/T = 1$ نزدیک شده و شیب تغییرات F/T در طول خالی شدن چله کاهش می یابد. بنابراین باتوجه به شکل (۵) می توان گفت که هر چه فاصله عمودی بین پل تار و غلتک تار (چله) افزایش یابد، میزان تغییرات F/T از ابتدای چله تا انتهای چله (چله خالی) کاهش می یابد.

در ارتباط با پارامترهای ρ و r نیز منحنی های مشابهی را می توان رسم کرد. شکل (۶) منحنی تغییرات F/T را بر حسب R برای مقادیر مختلف ρ و شکل (۷) این تغییرات را برای مقادیر مختلف r ، نشان می دهد.



شکل (۴) وضعیت زاویه δ در حالت چله خالی

(در اشکال ۳ و ۴؛ شعاع چله R ، شعاع پل تار r ، فاصله عمودی بین پل تار و چله تار h و فاصله بین پل تار و چله تار به طرف داخل ρ می باشد) با خلاصه کردن رابطه (۶) خواهیم داشت:

$$\rho \sin \delta + h \cos \delta = R - r \quad (7)$$

و از حل معادله (۷) داریم:

$$\delta = \pi - \arcsin \frac{R-r}{\sqrt{h^2 + r^2}} - \arctg h/\rho \quad \rho \neq 0 \quad (8)$$

$$\delta = \arccos \frac{R-r}{h} \quad \rho = 0 \quad (9)$$

ب- در حالتی که $\delta > 90^\circ$ گردد، روابط مانند حالت «الف» نوشته شده و مقدار δ به صورت زیر در می آید:

$$\delta = \arcsin \frac{R-r}{\sqrt{h^2 + \rho^2}} + \arctg h/\rho \quad \rho \neq 0 \quad (10)$$

همانطور که از روابط (۸) الی (۱۰) مشاهده می شود زاویه δ به پارامترهای ρ ، h ، r و R بستگی دارد. با

جدید با بازکننده نخ تار الکترونیکی، حداکثر قطر چله به ۱۲۰۰ میلیمتر می‌رسد.

۵- انتخاب مقادیر بهینه پارامترهای r, ρ, h

در بخش (۳) تأثیر هر یک از پارامترهای r, ρ, h بر روی منحنی F/T به تنهایی مورد بررسی قرار گرفت. در این قسمت سعی بر این است تا مقادیر بهینه r, ρ, h به نحوی انتخاب گردد که میزان تغییرات F/T در طول بافندگی حداقل گردد.

مطابق با رابطه (۱۱) داریم:

$$F/T = \sin(\pi - \arcsin \frac{R-r}{\sqrt{h^2 + \rho^2}}) - \arctg h/\rho$$

در صورتی که بخواهیم تغییرات F/T حداقل شود باید انحنا منحنی F/T به صفر نزدیک شود، اما این انحنا با مشتق‌های جزئی دوم F/T نسبت به هر یک از پارامترهای r, ρ, h ارتباط دارد، بنابراین داریم:

$$F/T = f(r, h, \rho) \quad (۱۳)$$

$$f''_r = d^2f/dr^2 = (R-r)(h^2 + \rho^2 - (R-r)^2) - \frac{3}{2} \cos(\pi - \sin^{-1} \frac{R-r}{\sqrt{h^2 + \rho^2}})$$

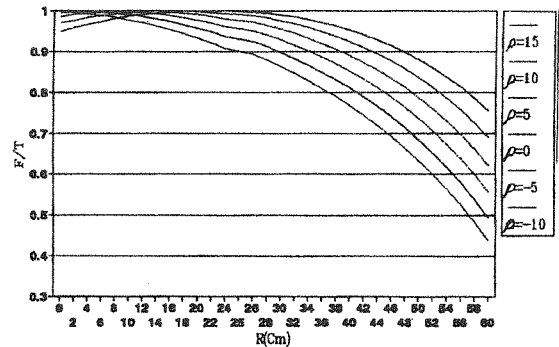
$$- \arctg^2 h/\rho - (h^2 + \rho^2 - (R-r)^2)^{-1} \sin(\pi - \sin^{-1} \frac{R-r}{\sqrt{h^2 + \rho^2}}) - \arctg h/\rho \quad (۱۴)$$

$$f''_h = d^2f/dh^2 = \{(R-r)[(h^2 + \rho^2)^{-1} (h^2 + \rho^2 - (R-r)^2)^{-\frac{1}{2}} - 2h^2 (h^2 + \rho^2)^{-2} (h^2 + \rho^2 - (R-r)^2)^{-\frac{1}{2}} - h^2 (h^2 + \rho^2)^{-1} (h^2 + \rho^2 - (R-r)^2)^{-\frac{3}{2}} + 2\rho h (h^2 + \rho^2)^{-2}\} \cos(\pi - \sin^{-1} \frac{R-r}{\sqrt{h^2 + \rho^2}}) - \arctg^2 h/\rho$$

$$- \frac{h(R-r)(h^2 + \rho^2)^{-1}}{\sqrt{h^2 + \rho^2 - (R-r)^2}} - \frac{\rho}{\rho^2 + h^2} \sin(\pi - \sin^{-1} \frac{R-r}{\sqrt{h^2 + \rho^2}}) - \arctg^2 h/\rho \quad (۱۵)$$

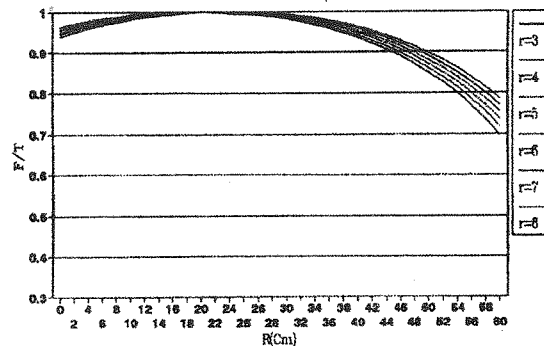
با مشاهده شکل (۶) در می‌یابیم که هر چه فاصله افقی پل تار و چله تار به طرف داخل ماشین بیشتر می‌شود (ρ بزرگتر گردد)، میزان تغییرات F/T به سمت خط یک نزدیک‌تر می‌شود و مقدار F/T تغییرات کمتری را در طول بافندگی خواهد داشت.

شکل (۷) نشان می‌دهد که هر چقدر شعاع پل تار (r) افزایش یابد، منحنی F/T به خط $F/T=1$ نزدیک‌تر گردیده و مقدار تغییرات F/T در طول بافندگی کاهش می‌یابد.



شکل (۶) رابطه بین F/T بر حسب شعاع چله برای مقادیر

مختلف فاصله افقی پل تار و اسنو



شکل (۷) رابطه بین F/T بر حسب شعاع چله برای مقادیر

مختلف شعاع پل تار

۸- محدودیت قطر غلتک تار (چله)

باتوجه به منحنی‌های رسم شده مشاهده می‌شود که هر چه قطر چله به سمت مقادیر بزرگتر می‌رود، میزان نسبت F/T کاهش زیادی یافته و مقدار آن نسبت به انتهای چله تغییر زیادی پیدا می‌کند. بدین سبب ممکن است یکی از عوامل محدود کننده حداکثر قطر چله ماشین بافندگی همین تغییرات زیاد F/T در ابتدا و انتهای چله باشد. در ماشین‌های بافندگی قطر چله تقریباً بین ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ میلیمتر تغییر کرده و در ماشین‌های بافندگی

افزایش مقادیر h و ρ و r ، مقدار F/T در طول بافندگی کمترین تغییرات را خواهد داشت، اما افزایش بیش از حد این مقادیر موجب مشکلات مکانیکی در ساخت ماشین می شود.

نتیجه گیری

۱ - نسبت نیروی وارد بر نخ های تار از طرف پل تار به کشش نخ های تار (F/T) تابعی از پارامترهای شعاع پل تار (r) و فاصله عمودی و افقی (به سمت داخل) پل تار از چله تار (به ترتیب h و ρ) می باشد به طوری که $F/T = f(r, h, \rho)$.

۲ - نمودار منحنی تغییرات F/T بر حسب شعاع چله تار (R) برای پارامترهای مذکور رسم گردید و مقدار بهینه هر یک به ازای شعاع های مختلف چله تار در محدوده 10 cm تا 60 cm به قرار زیر به دست آمد:

$$h = 65\text{ cm}, \quad \rho = 20\text{ cm}, \quad r = 6\text{ cm}$$

یعنی با افزایش هر سه پارامتر با هم، تا حدی که با مشکلات مکانیکی دیگر ماشین روبرو نشویم، تغییرات F/T کاهش می یابد، به عبارت دیگر موجب حداقل تغییرات کشش نخ تار در فرآیند بافندگی می گردد.

تشکر و قدردانی

از همکاری جناب آقای دکتر حسن غفاری سعادت عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی مکانیک، در این بررسی تئوری کمال تشکر و سپاسگزاری را داریم.

$$f''_{\rho} = d^2f/d\rho^2 = \{(R-r)[(h^2+\rho^2)^{-1}(h^2+\rho^2-(R-r)^2)^{-1/2}$$

$$-2\rho^2(h^2+\rho^2)^{-2}(h^2+\rho^2-(R-r)^2)^{-1/2} - \rho^2(h^2+\rho^2)^{-1}(h^2+\rho^2$$

$$-(R-r)^2 - \frac{2\rho h}{(h^2+\rho^2)^2}\} \cos(\pi - \sin^{-1} \frac{R-r}{\sqrt{h^2+\rho^2}} - \text{tg}^{-1} h/\rho)$$

$$- (\rho(R-r)(h^2+\rho^2)^{-1} + (h^2+\rho^2-(R-r)^2)^{-1/2} - \frac{h}{\rho^2+h^2}) \sin(\pi - \sin^{-1} \frac{R-r}{\sqrt{h^2+\rho^2}} - \text{tg}^{-1} h/\rho)$$

(۱۶)

اکنون با تعیین مقدار مناسب r و ρ ، h باید کاری کنیم

که هر سه مقدار f''_r و f''_r و f''_h بهینه شود:

$$J = f''_r r^2 + f''_h h^2 + f''_{\rho} \rho^2 \quad (۱۷)$$

بدین منظور برنامه کامپیوتری نوشته شده است [۶] که در محدوده کاری، r و ρ ، h مقدار J در طول بافندگی (از چله پر تا چله خالی) کمترین مقدار گردد و بدین ترتیب مقدار بهینه h و ρ و r به دست خواهد آمد. با انجام چنین برنامه ای برای h بین 50 تا 65 ، ρ بین صفر تا 20 ، r بین 1 تا 6 و شعاع چله بین 10 تا 60 مقادیر زیر به دست خواهد آمد:

$$h = 65\text{ cm}, \quad \rho = 20\text{ cm}, \quad r = 6\text{ cm}$$

با به دست آمدن چنین مقادیری نتیجه می گردد که با

مراجع

- [1] P. Deroche, "Les Derouleurs De Chanie", L' Industrie Text, 1989, 1195, 47-50.
 [2] O. Traynard, "Les Derouleurs Electriques", L' Industrie Text, 1989, 1195, 51-52.
 [3] J. Lunenschloss and S.Schlichter, "Influence of Various Machine and Material Parameters on Properties and Appearance of Goods by the Installation of Electronically Controlled Warp Let-off on Filament Yarn Weaving Machines", Mel-liand 1987, 11, 821.

[۴] بهزادان، هوشمند و وزیر دفتری، شاهپور، مکانیزم و تکنولوژی ماشین های بافندگی، جلد اول، ۱۳۶۶، ۲۵۴-۲۷۶.

[5] R.T.C. Robinson, "Principles of weaving", 1970.

[۶] اردوخانی، داود، «تجزیه و تحلیل ارتباط چرخش چله و کشش نخ های تار با کنترل کننده های مکانیکی و الکترونیکی در ماشین های بافندگی»، پروژه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۴.