

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

### Визначення параметрів тертя і змащування під час холодної прокатки

#### 1 Закономірності тертя при холодній прокатці

Основною відмінною умов тертя під час холодної прокатки у порівнянні з гарячою – є обов'язкова подача технологічного мастила в осередок деформації. Однозначно, як показує практика, без технологічного мастила холодна деформація стає неможливою із-за сильного впливу умов тертя на тиск і силу прокатки, знос інструменту і т.д.

Холоднокатаний метал деформують або в шліфованих, або в шершавих (насічених дробом) валках. На станах холодної прокатки використовують ковані валки із легованих сталей із нагартованим поверхневим шаром, що забезпечує твердість бочок робочих валків в робочому інтервалі 90-100од. по Шору.

Величина коефіцієнта тертя під час холодної прокатки значно менша, ніж при гарячому деформуванні металу валками, завдяки використанню технологічного мастила. В той же час вплив величини коефіцієнта тертя на силу прокатки, момент і потужність холодної деформації на порядок більший, чим під час гарячої прокатки. Коефіцієнт тертя при гарячій прокатці складає 0,15-0,40, а при холодній 0,02-0,15.

При холодній прокатці на величину коефіцієнта тертя найбільш суттєво впливають такі параметри технологічного характеру: геометричні параметри деформації штаби, параметри шершавості поверхонь валків і штаби, колова швидкість валків і тип технологічного мастила. Так, із збільшенням відносного обтиску  $\varepsilon$  і зменшенням діаметру валків коефіцієнт тертя збільшується. Збільшення шершавості контактуючих поверхонь валків і штаби також значно підвищує коефіцієнт тертя.

Відчутне зниження коефіцієнта тертя відбувається при збільшенні колової швидкості валків.

Найбільш величина коефіцієнта тертя при холодній прокатці залежить від типу технологічного мастила та від його мастильних властивостей таких, як в'язкість, змащувальна здатність, схоплюванність з металом і т.д.

В Дметі експериментально визначені коефіцієнти тертя під час гарячої прокатки [3], які для різних масти складають:

<u>Мастило</u>	<u>Коефіцієнт тертя, <math>f</math></u>
Вода	- 0,302
Масло індустріальне 20	- 0,192
Нігролове масло	- 0,187
Мазут	- 0,187
Касторове масло	- 0,160
Полімерізоване бавовняне масло (ПБМ)	- 0,157

Залежність коефіцієнта тертя від хімічного складу прокатуваної сталі ілюструється в табл.1 [2].

Таблиця 1 - Коефіцієнт тертя під час гарячої прокатки з мастилом – вода, обтиск  $\varepsilon = 15\%$ , швидкість прокатки  $v=0,3$  м/с

Сталі	Ст.45	ЭИ654	45ХГН103	X17	1X18Н9Т	1X17Н2	ШХ15	X25Т
Температура сталі, °С								
1050	0,342	0,344	0,404	0,354	0,415	0,425	0,430	0,461
1150	0,282	0,404	0,395	0,381	0,325	0,403	0,286	0,404

Із вищенаведених даних видно, що при прокатуванні на воді коефіцієнти тертя під час гарячої прокатки знаходяться в інтервалі 0,28-0,46, з мастилами 0,16-0,19. Ще більш значний вплив мастила самого по собі, та його типу на величину коефіцієнта тертя має місце під час холодної прокатки, що показано в табл.2.

Порівняння величин коефіцієнтів тертя, наведених в табл.1 і 2, дозволяє однозначно сказати, що під час холодної прокатки з оптимально вибраним мастилом тертя зменшується в 3-5 разів порівняно з гарячою деформацією.

Насамкінець зазначимо:

Таблиця 2 - Залежність коефіцієнта тертя під час холодної прокатки від типу мастила та його в'язкості

Тип мастила	В'язкість, СТ (стантістокс)	Коефіцієнт тертя, $f$
Трансформаторне	30	0,104
Індустріальне 23	91	0,086
Циліндрове 11	868	0,068
Прокатне 28	3610	0,055
Бавовняне натуральна	28,2	0,067
Бавовняне полімерізов.	1300	0,034
Пальмове	~800	0,075
Оливкове	~900	0,058
Касторове	1100	0,045

- при гарячому прокатуванні, чим ефективніше мастило, тим гірше захоплення метала валками і, крім того, натуральні мастила згорають і в осередок деформації попадають продукти згорання;
- під час холодної прокатки високов'язкі мастила майже неможливо подати на кліті стану через трубопроводну мастильну систему.

Виходячи з вищезначеного найбільш поширені в практиці прокатного виробництва в якості технологічних мастил це емульсії найчастіше мінеральних масел і масляно-водняні суміші (суспензії) рослинних масел.

## 2 Алгоритми розрахунку коефіцієнта тертя під час холодної прокатки

Із попереднього підпункту 1 очевидно, що коефіцієнт тертя в процесі холодної прокатки залежить від багатьох факторів і параметрів технології, а тому його визначають на базі лабораторних і промислових експериментів по емпіричній формулі, яка має вигляд [4]:

$$f = f_0 \cdot K_d \cdot K_u \cdot K_{MC} \cdot K_t \quad (18)$$

де  $f_0$  - базовий коефіцієнт тертя

$K_d, K_u, K_{MC}, K_t$  - параметричні коефіцієнти, які враховують відповідно вплив обтиску, шершавість поверхні штаби, технологічного мастила і температури прокатуваного металу на величину коефіцієнта тертя.

Базовий коефіцієнт тертя  $f_0$  дорівнює, за швидкості  $v \leq 7,5$  м/с:

$$f_0 = 0,076 - 0,0019 v + 0,03(Ra - 0,6) \cdot [(1,07 - 0,14v)^3 + 0,054v - 0,26] \quad (19)$$

за  $v > 7,5$  м/с.

$$f_0 = K_v [0,062 - 0,005(Ra - 0,6)] \quad (19a)$$

де  $K_v = 1$  при  $v < 8,0$  м/с за  $v > 8$  м/с.

$$K_v = 0,56 + 0,7(1 - 0,025v)^2 \quad (20)$$

де  $v$  – швидкість прокатки, м/с.

Коефіцієнт  $K_d$  дорівнює:

За  $Ra \leq 2$  мкм:

$$K_d = 0,47 + 1,75\varepsilon \quad (21)$$

За  $Ra = 2,1 - 3,9$  мкм:

$$K_d = 0,74 + 0,87\varepsilon \quad (22)$$

За  $Ra \geq 4,0$  мкм при  $\varepsilon \geq 0,18$ :

$$K_d = 0,85 + 2,45(1 - 2\varepsilon)^4 \quad (23)$$

де  $Ra$  – шершавість валків;

$\varepsilon$  – відносний обтиск.

Коефіцієнт  $K_{ш}$  визначається по формулі:

$$K_{ш} = 1,09 - 0,05Ra_{ш} \quad (24)$$

де  $Ra_{ш}$  – шершавість поверхні штаби, мкм.

Коефіцієнт  $K_t$  визначається за формулою:

$$K_t = a + c(1,11 - 0,0044 \cdot t_n)^n \quad (25)$$

де  $t$  – температура метала перед осередком деформації, °С;

$a, c, n$  – коефіцієнти, які дорівнюють:

для 3-5% мінеральної емульсії, мінерального масла ІС20 і гідрогенізованого соняшникового масла – мастило ПКС-1

$$\begin{aligned} a &= 0,31 + 1,7\varepsilon \\ c &= 1,2 - 2,8\varepsilon \\ n &= 3,84 - 5,7\varepsilon \end{aligned} \quad (26)$$

Коефіцієнт типа мастила  $K_{мс}$  приймають слідуючим [5]:

<u>Мастило</u>	<u><math>K_{мс}</math></u>
Емульсія мінерального масла	- 1,0
Бавовняне натуральне масло	- 0,94

Соняшникове гідроганізоване масло	- 0,85
Пальмове масло	- 0,83
Бавовняне полімерізоване масло	- 0,56

Показник тертя  $f_n$  визначається за виразом:

$$f_n = 1,6 \cdot f - 0,018 \quad (27)$$

### **3 Варіанти вихідних даних для розрахунку коефіцієнта і показника тертя в процесі холодної прокатки. (Задача 3)**

Визначити базовий коефіцієнт тертя  $f_0$ , коефіцієнт тертя  $f$  і показник тертя  $f_n$  під час прокатки жерсті на шестиклітьовому повністю неперервному стані холодної прокатки 1400 для умов:

- робочі валки ковани із легованої сталі із загартованою поверхнею бочок, тонко відшліфовані після двох годин роботи, які мають мікрошершавість  $Ra_B = 2,0$  мкм;
- марка прокатуваної сталі – 08КП;
- температура метала  $t_{Me}$  перед осередком деформації відповідної кліті:

<u>Кліть</u>	1	2	3	4	5	6
<u><math>t_{Me}</math></u>	20	40	50	60	70	80;

- шершавість поверхні штаби  $Ra_{ш} = 1,5$  мкм для всіх шести клітей;

- відносний обтиск  $\epsilon$  і швидкість прокатки  $v$  по клітям визначається розрахунком (див. приклад) по вихідним даним поваріантно;
- тип мастила прийняти відповідно варіантам та завдання такими:
  - 1) варіанти 1-10: соняшникове гідроганізоване масло (мастило ПКС 1), для якого  $K_{mc}=0,85$ ;
  - 2) варіанти 11-15: бавовняне полімерізоване масло, відповідно  $K_{mc}=0,56$ ;
  - 3) варіанти 16-30: пальмове масло, відповідно (див, п.п.3.2)  $K_{mc}=0,83$ .

Таблиця 3 - Індивідуальні (по варіантам) вихідні дані до задачі 3

№ варіанту	Тип мастила	Товщина жерсті $h_6$ , мм	Колова швидкість валків кл.6 $v_6$ , м/с	Відносний обтиск по клітям 1-6, $\epsilon_i$ , %					
				$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$\epsilon_3$	$\epsilon_4$	$\epsilon_5$	$\epsilon_6$
1/16	1/3	0,15/0,21	30/26	40,5	36,0	33,3	31,0	25,6	18,7
2/17	1/3	0,16/0,25	31/27	39,5	37,0	34,0	31,5	25,8	18,9
3/18	1/3	0,17/0,27	32/25	39,0	36,5	39,5	30,8	26,0	19,0
4/19	1/3	0,18/0,29	33/28	38,0	35,5	33,8	30,5	26,2	19,2
5/20	1/3	0,19/0,30	34/30	38,5	36,8	34,2	30,2	25,5	19,3
6/21	1/3	0,20/0,34	30/28	37,5	39,4	34,5	30,0	25,2	20,7
7/22	1/3	0,21/0,31	30/29	37,0	34,8	31,8	29,8	24,8	20,2
8/23	1/3	0,22/0,33	37/30	36,5	34,5	32,1	31,2	27,3	20,4
9/24	1/3	0,23/0,28	38/32	36,0	35,0	32,8	30,5	27,1	20,5
10/25	1/3	0,24/0,26	30/33	35,8	34,4	32,5	32,0	26,8	20,7
11/26	2/3	0,20/0,24	32/34	41,5	34,2	31,6	31,5	26,6	18,6
12/27	2/3	0,22/0,15	28/36	41,0	35,6	32,8	30,1	26,5	18,4
13/28	2/3	0,16/0,17	29/38	42,0	33,8	31,5	29,8	24,8	18,2
14/29	2/3	0,15/0,18	27/40	41,5	34,6	33,1	29,6	25,1	18,0
15/30	2/3	0,18/0,22	27/31	39,8	35,8	32,8	31,2	25,3	19,8

#### 4 Приклад розрахунку до задачі №3

Загальні вихідні дані відповідно п.3, тобто:

- параметри шершавості поверхні:
  - 1) валків  $Ra_B=2,0$  мкм;
  - 2) штаби  $Ra_{ш}=1,5$  мкм;
- марка сталі – 08КП;
- температура метала по клітям:  $t_1=20^\circ\text{C}$ ,  $t_2=40^\circ\text{C}$ ,  $t_3=50^\circ\text{C}$ ,  $t_4=60^\circ\text{C}$ ,  $t_5=70^\circ\text{C}$ ,  $t_6=80^\circ\text{C}$ ;
- тип мастила – пальмове масло, для якого  $K_{MC}=0,83$ .

Індивідуальні дані:

Для всіх клітей прийняті, виходячи із умов зменшення пластичності металу по ходу прокатки і рівномірності завантаження електродвигунів клітей, слідуючи відносні обтиски по клітям стана:

$$\varepsilon_1=40\%, \varepsilon_2=35\%, \varepsilon_3=33\%, \varepsilon_4=30\%, \varepsilon_5=25\%, \varepsilon_6=20\%.$$

Товщина жерсті  $h_6=0,20$ мм, колова швидкість валків кліті 6  $v_6=30,5$  м/с.

1) Розраховуємо товщину штаби і швидкості по клітям:

$$h_6=0,20\text{мм}$$

$$h_5= h_6(1-\varepsilon_6)=0,20(1-0,2)=0,25\text{мм}$$

$$h_4= h_5(1-\varepsilon_5)=0,25(1-0,25)=0,333\text{мм}$$

$$h_3= h_4(1-\varepsilon_4)=0,333(1-0,30)=0,476\text{мм}$$

$$h_2= h_3(1-\varepsilon_3)=0,476(1-0,33)=0,710\text{мм}$$

$$h_1 = h_2(1 - \varepsilon_2) = 0,710(1 - 0,35) = 1,092 \text{ мм}$$

$$h_0 = h_1(1 - \varepsilon_1) = 1,092(1 - 0,4) = 1,82 \text{ мм}$$

Швидкості прокатки визначаємо за умовою постійності секундних об'ємів металу, яка при постійній ширині штаби, тобто для холодної прокатки на заданому стані записується у вигляді:

$$v_1 h_1 = v_2 h_2 = v_3 h_3 = v_4 h_4 = v_5 h_5 = v_6 h_6 = \text{const}$$

Звідки швидкості прокатки по клітям:

$$v_6 = 30,5 \text{ м/с}$$

$$v_5 = \frac{v_6 h_6}{h_5} = \frac{0,2 \cdot 30,5}{0,25} = 24,4 \text{ м/с}$$

$$v_4 = \frac{v_5 h_5}{h_4} = \frac{24,4 \cdot 0,25}{0,333} = 18,3 \text{ м/с}$$

$$v_3 = \frac{v_4 h_4}{h_3} = \frac{18,3 \cdot 0,333}{0,476} = 12,8 \text{ м/с}$$

$$v_2 = \frac{v_3 h_3}{h_2} = \frac{12,8 \cdot 0,476}{0,71} = 8,6 \text{ м/с}$$

$$v_1 = \frac{v_2 h_2}{h_1} = \frac{8,6 \cdot 0,71}{1,092} = 5,6 \text{ м/с}$$

2) Визначаємо базовий коефіцієнт тертя  $f_0$  в кліті 1 за виразом (19), тому що  $v_1 < 7,5 \text{ м/с}$ , тобто:

$$\begin{aligned} f_{01} &= 0,076 - 0,0019v_1 + 0,03(Ra_b - 0,6)[(1,07 - 0,14v_1)^3 + 0,054v - 0,26] \\ f_{01} &= 0,076 - 0,0019 \cdot 5,6 + 0,03(2 - 0,6)[(1,07 - 0,14 \cdot 5,6)^3 + \\ &+ 0,054 \cdot 5,6 - 0,26] = 0,068 \end{aligned}$$

для клітей 2,3,4,5 і 6 за виразом (19а) тому, що швидкість  $v_1 > 7,5 \text{ м/с}$ .

$$f_0 = K_v [0,062 - 0,005(Ra_b - 0,6)]$$

де  $K_v$  - визначаємо за виразом (20), тобто

$$K_v = 0,56 + 0,7(1 - 0,025v)^2$$

$$K_{v2} = 0,56 + 0,7(1 - 0,025 \cdot 8,6)^2 = 0,99$$

$$K_{v3} = 0,56 + 0,7(1 - 0,025 \cdot 12,8)^2 = 0,88$$

$$K_{v4} = 0,56 + 0,7(1 - 0,025 \cdot 18,3)^2 = 0,77$$

$$K_{v5} = 0,56 + 0,7(1 - 0,025 \cdot 24,4)^2 = 0,67$$

$$K_{v6} = 0,56 + 0,7(1 - 0,025 \cdot 30,5)^2 = 0,60$$

Таким чином:

$$f_{02} = 0,99[0,062 - 0,005(2,0 - 0,6)] = 0,054$$

$$f_{03} = 0,88[0,062 - 0,005(2,0 - 0,6)] = 0,048$$

$$f_{04} = 0,77[0,062 - 0,005(2,0 - 0,6)] = 0,042$$

$$f_{05} = 0,67[0,062 - 0,005(2,0 - 0,6)] = 0,037$$

$$f_{06} = 0,60[0,062 - 0,005(2,0 - 0,6)] = 0,033$$

3) Визначаємо параметричні коефіцієнти впливу окремих факторів технології на величину коефіцієнта тертя.

Коефіцієнт  $K_d$ , враховуючий  $Ra_b$  і відносного обтиску  $\varepsilon$ , визначаємо за виразом (21) тому, що  $Ra_b = 2 \text{ мкм}$ . Таким чином:

$$K_{di} = 0,47 + 1,75\varepsilon_i$$

де  $i$  – номер кліті.

Тобто :

$$K_{d1} = 0,47 + 1,75\varepsilon_1 = 0,47 + 1,75 \cdot 0,40 = 1,17$$

$$K_{d2} = 0,47 + 1,75\varepsilon_2 = 0,47 + 1,75 \cdot 0,35 = 1,08$$

$$K_{d3} = 0,47 + 1,75\varepsilon_3 = 0,47 + 1,75 \cdot 0,33 = 1,05$$

$$K_{d4} = 0,47 + 1,75\varepsilon_4 = 0,47 + 1,75 \cdot 0,40 = 1,00$$

$$K_{d5} = 0,47 + 1,75\varepsilon_5 = 0,47 + 1,75 \cdot 0,25 = 0,91$$

$$K_{d6} = 0,47 + 1,75\varepsilon_6 = 0,47 + 1,75 \cdot 0,20 = 0,82$$

Коефіцієнт, враховуючий вплив шершавості поверхні штаби для усіх шести клітей, визначаємо за виразом (24), тобто:

$$K_{uu} = 1,09 - 0,05Ra_{uu} = 1,09 - 0,05 \cdot 1,5 = 1,165$$

Коефіцієнт  $K_t$ , враховуючий вплив температури металу по клітям, визначаємо за виразом (25), тобто:

$$K_t = a + c(1,11 - 0,0044 t_m)^n$$

$$\text{де } a_i = 0,31 + 1,7\varepsilon_i;$$

ТАКИМ ЧИНОМ:

$$a_1 = 0,31 + 1,7\varepsilon_1 = 0,31 + 1,7 \cdot 0,4 = 0,99$$

$$a_2 = 0,31 + 1,7\varepsilon_2 = 0,31 + 1,7 \cdot 0,35 = 0,91$$

$$a_3 = 0,31 + 1,7\varepsilon_3 = 0,31 + 1,7 \cdot 0,33 = 0,87$$

$$a_4 = 0,31 + 1,7\varepsilon_4 = 0,31 + 1,7 \cdot 0,30 = 0,82$$

$$a_5 = 0,31 + 1,7\varepsilon_5 = 0,31 + 1,7 \cdot 0,25 = 0,74$$

$$a_6 = 0,31 + 1,7\varepsilon_6 = 0,31 + 1,7 \cdot 0,20 = 0,65$$

$$c_i = 1,2 - 2,8\varepsilon_i$$

ТАКИМ ЧИНОМ:

$$c_1 = 1,2 - 2,8 \cdot 0,4 = 0,08$$

$$c_2 = 1,2 - 2,8 \cdot 0,35 = 0,22$$

$$c_3 = 1,2 - 2,8 \cdot 0,33 = 0,28$$

$$c_4 = 1,2 - 2,8 \cdot 0,30 = 0,36$$

$$c_5 = 1,2 - 2,8 \cdot 0,25 = 0,50$$

$$c_6 = 1,2 - 2,8 \cdot 0,20 = 0,64$$

$$n_i = 3,84 - 5,7 \varepsilon_i;$$

ТАКИМ ЧИНОМ:

$$n_1 = 3,84 - 5,7 \varepsilon_1 = 3,84 - 5,7 \cdot 0,4 = 1,56$$

$$n_2 = 3,84 - 5,7 \varepsilon_2 = 3,84 - 5,7 \cdot 0,35 = 1,84$$

$$n_3 = 3,84 - 5,7 \varepsilon_3 = 3,84 - 5,7 \cdot 0,33 = 1,96$$

$$n_4 = 3,84 - 5,7 \varepsilon_4 = 3,84 - 5,7 \cdot 0,30 = 2,13$$

$$n_5 = 3,84 - 5,7 \varepsilon_5 = 3,84 - 5,7 \cdot 0,25 = 2,41$$

$$n_6 = 3,84 - 5,7 \varepsilon_6 = 3,84 - 5,7 \cdot 0,20 = 2,70$$

Тоді коефіцієнти  $K_t$  будуть дорівнювати:

$$K_{t1} = 0,99 + 0,08(1,11 - 0,0044 \cdot 20)^{1,56} = 1,073$$

$$K_{t2} = 0,91 + 0,22(1,11 - 0,0044 \cdot 40)^{1,84} = 1,104$$

$$K_{t3} = 0,87 + 0,28(1,11 - 0,0044 \cdot 50)^{1,96} = 1,093$$

$$K_{t4} = 0,82 + 0,36(1,11 - 0,0044 \cdot 60)^{2,13} = 1,072$$

$$K_{t5} = 0,74 + 0,50(1,11 - 0,0044 \cdot 70)^{2,41} = 1,034$$

$$K_{t6} = 0,65 + 0,64(1,11 - 0,0044 \cdot 80)^{2,70} = 0,953$$

Коефіцієнт тертя розраховуємо по формулі (18):

$$f_i = f_{0i} \cdot K_{di} \cdot K_{ui} \cdot K_{MCi} \cdot K_{ti}$$

Таким чином, підставляючи відповідні числові значення, матимемо:

$$\begin{aligned} f_1 &= f_{01} \cdot K_{d1} \cdot K_{u1} \cdot K_{MC1} \cdot K_{t1} = \\ &= 0,068 \cdot 1,17 \cdot 1,165 \cdot 0,83 \cdot 1,073 = 0,083 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2 &= f_{02} \cdot K_{d2} \cdot K_{u2} \cdot K_{MC2} \cdot K_{t2} = \\ &= 0,054 \cdot 1,08 \cdot 1,165 \cdot 0,83 \cdot 1,104 = 0,062 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_3 &= f_{03} \cdot K_{d3} \cdot K_{u3} \cdot K_{MC3} \cdot K_{t3} = \\ &= 0,048 \cdot 1,05 \cdot 1,165 \cdot 0,83 \cdot 1,093 = 0,053 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_4 &= f_{04} \cdot K_{d4} \cdot K_{u4} \cdot K_{MC4} \cdot K_{t4} = \\ &= 0,042 \cdot 1,0 \cdot 1,165 \cdot 0,83 \cdot 1,072 = 0,044 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_5 &= f_{05} \cdot K_{d5} \cdot K_{u5} \cdot K_{MC5} \cdot K_{t5} = \\ &= 0,037 \cdot 0,91 \cdot 1,165 \cdot 0,83 \cdot 1,034 = 0,034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_6 &= f_{06} \cdot K_{d6} \cdot K_{u6} \cdot K_{MC6} \cdot K_{t6} = \\ &= 0,033 \cdot 0,82 \cdot 1,165 \cdot 0,83 \cdot 0,953 = 0,025 \end{aligned}$$

Показники тертя визначаємо за виразом (27):

$$f_{ni} = 1,6 f_i - 0,018$$

тобто

$$f_{n1} = 1,6 f_1 - 0,018 = 1,6 \cdot 0,083 - 0,018 = 0,115$$

$$f_{n2} = 1,6 f_2 - 0,018 = 1,6 \cdot 0,062 - 0,018 = 0,081$$

$$f_{n3} = 1,6 f_3 - 0,018 = 1,6 \cdot 0,053 - 0,018 = 0,067$$

$$f_{n4} = 1,6 f_4 - 0,018 = 1,6 \cdot 0,044 - 0,018 = 0,052$$

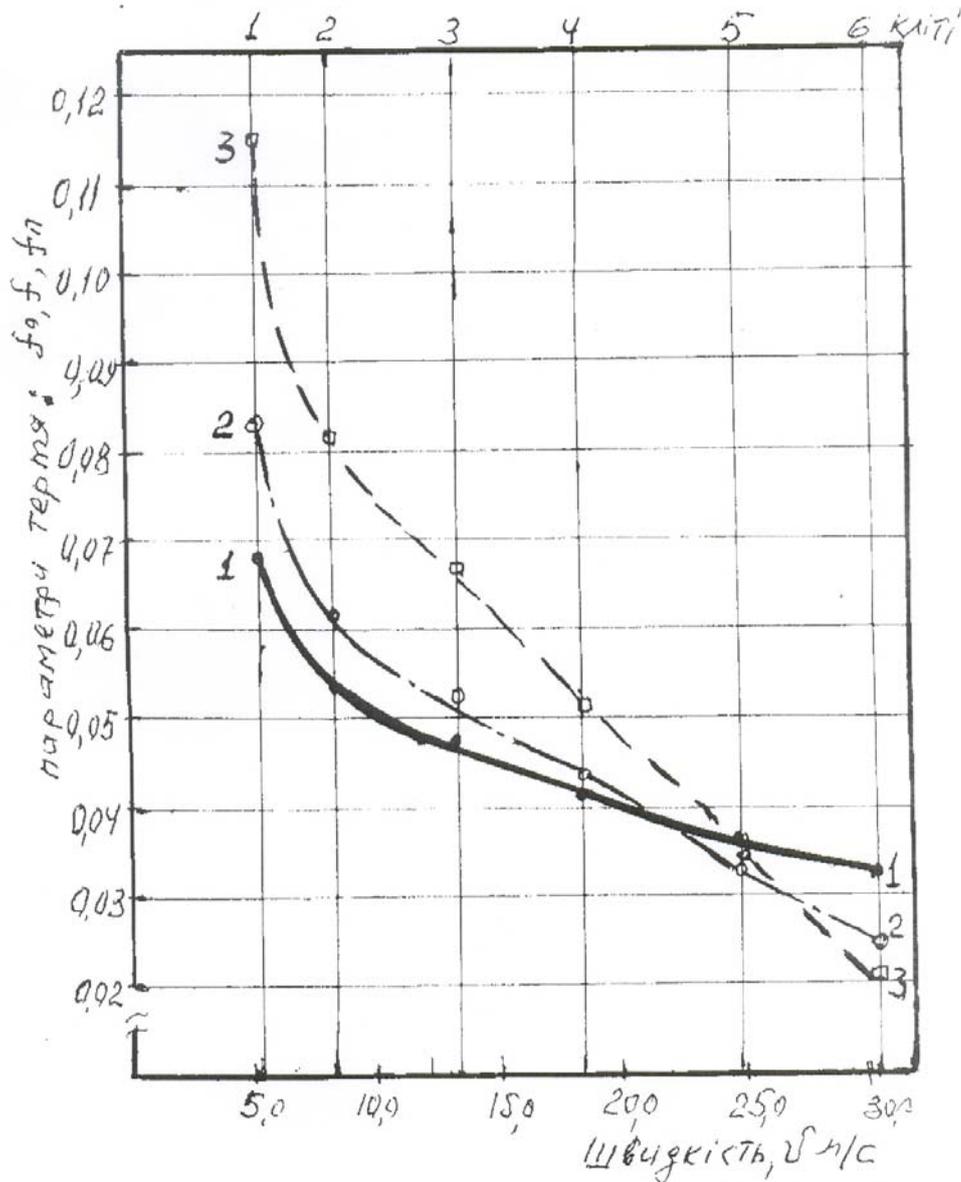
$$f_{n5} = 1,6 f_5 - 0,018 = 1,6 \cdot 0,034 - 0,018 = 0,036$$

$$f_{n6} = 1,6f_6 - 0,018 = 1,6 \cdot 0,025 - 0,018 = 0,022$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 3.4.

За даними таблиці 4 будуємо графіки:

$f_0, f, f_n = \text{функція}(v)$  (див. рис. 1).



1 – коефіцієнт тертя  $f_0$ , базовий; 2 – коефіцієнт тертя; 3 – показник тертя  $f_n$

Рисунок 1 - Залежність параметрів тертя від швидкості холодної прокатки жерсті товщиною 0,20 мм з мастилом – пальмове масло

Таблиця 4 - Результати визначення параметрів тертя на шести клітьовому стані ХП жерсті

№ кліті	Товщина $h_i$ , мм	Обтиск $\varepsilon_i$ , %	Швидкість $v_i$ , м/с	Температура метала, $t_i$	Параметри тертя		
					$f_0$	$f$	$f_n$
1	1,092	40	5,6	20	0,068	0,083	0,115
2	0,710	35	8,6	40	0,054	0,062	0,081
3	0,476	33	12,8	50	0,048	0,053	0,067
4	0,333	30	18,3	60	0,042	0,044	0,052
5	0,250	25	24,4	70	0,037	0,034	0,036
6	0,230	20	30,5	80	0,033	0,025	0,022

За даними табл.4 і рис.1 зробити висновки.