



Founders: State University of Economics and Technology

ISSN: 3041-1246

E-mail: [ete@duet.edu.ua](mailto:ete@duet.edu.ua) Journal homepage: <https://ete.org.ua>

---

JEL: L610

DOI: 10.62911/ete.2024.02.01.11

**Dependence of metal shears consumption on technological parameters of the process of shearing flat rolled metal products**

---

Citation:


Seleznov, M., & Borovik, P. (2024). Dependence of metal shears consumption on technological parameters of the process of shearing flat rolled metal products "Economics and technical engineering. Vol. 2 No. 1 (2024), 133–144. <https://doi.org/10.62911/ete.2024.02.01.11>

---

Maksym Seleznov

*PhD, State University of Economics and Technology, Kryvyi Rih, Ukraine*


*e-mail: [seleznov@kneu.dp.ua](mailto:seleznov@kneu.dp.ua)*

 *ORCID iD: 0009-0009-6697-9358*

Pavlo Borovik

*Prof. DSc, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv, Ukraine*

*e-mail: [borovik@snu.edu.ua](mailto:borovik@snu.edu.ua)*

 *ORCID iD: 0000-0002-5353-2022*

**Abstract:** There is a growing demand for the flat-rolled steel products. In today's market we have the task for heavy engineering, which has a target making of equipment for such steel products manufacturing. At the same time, machines and mechanisms that are not directly involved in metal rolling, but ensure the performance of other operations are important components of the entire technological process and are aimed at producing metal products with specified characteristics constitute a significant part of the equipment produced for rolling mills of metallurgical enterprises specializing in the flat-rolled steel production. Among them, shears for longitudinal and transverse shearing, which are used to produce flat-rolled metal products of a given shape and size play a major role. Meanwhile, shears with single-slope (guillotine) and double-slope (chevron) knives usually used for metal strips and sheets transverse shearing and being the most complex equipment on rolling mills shearing lines are widely used. Therefore, timely and correct cost determination of such shears is very important in the context of machine-building production, developing technical and commercial proposals. A specialist ought to be able to determine their metal consumption in advance. Therefore, in this paper, a mathematical dependence allowing determining the shears metal consumption, taking into account the maximum shearing force and the maximum allowable width of the metal rolling was obtained based on the analysis of available data on the main characteristics of known shears. Meanwhile, further refinement and adaptation of the obtained dependence may be appropriate to use it in the automation tools development for designing the technology of shearing flat-rolled metal products with slope knife.

**Keywords:** flat rolled metal; shears; shearing; cost price; metal consumption; dependence.

Received: 12/03/2024

Accepted: 08/04/2024




JEL: L610

### **Dependence of metal shears consumption on technological parameters of the process of shearing flat rolled metal products**

Maksym Seleznov

PhD, State University of Economics and Technology, Kryvyi Rih, Ukraine


e-mail: seleznov@kneu.dp.ua

 ORCID ID: 0009-0009-6697-9358

Pavlo Borovik

Assoc. Prof., DSc, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv, Ukraine

e-mail: borovik@snu.edu.ua

 ORCID ID: 0000-0002-5353-2022

**Abstract:** There is a growing demand for flat-rolled steel products. In today's market we have the task for heavy engineering, which has a target making of equipment for such steel products manufacturing. At the same time, machines and mechanisms that are not directly involved in metal rolling but ensure the performance of other operations are important components of the entire technological process and are aimed at producing metal products with specified characteristics constitute a significant part of the equipment produced for rolling mills of metallurgical enterprises specializing in the flat-rolled steel production. Among them, shears for longitudinal and transverse shearing, which are used to produce flat-rolled metal products of a given shape and size play a major role. Meanwhile, shears with single-slope (guillotine) and double-slope (chevron) knives usually used for metal strips and sheets transverse shearing and being the most complex equipment on rolling mills shearing lines are widely used. Therefore, timely and correct cost determination of such shears is very important in the context of machine-building production, developing technical and commercial proposals. A specialist ought to be able to determine their metal consumption in advance. Therefore, in this paper, a mathematical dependence allowing determining the shears metal consumption, taking into account the maximum shearing force and the maximum allowable width of the metal rolling was obtained based on the analysis of available data on the main characteristics of known shears. Meanwhile, further refinement and adaptation of the obtained dependence may be appropriate to be used in the automation tools development for designing the technology of shearing flat-rolled metal products with a slope knife.


**Keywords:** flat rolled metal; shears; shearing; cost price; metal consumption; dependence.

### **Залежність металоємності ножиць від технологічних параметрів процесу розрізання плоского металопрокату**

Максим Селезньов

к.т.н, Державний університет економіки і технологій, Кривий Ріг, Україна


e-mail: seleznov@kneu.dp.ua

 ORCID ID: 0009-0009-6697-9358

Павло Боровик

доцент, д.т.н, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

e-mail: borovik@snu.edu.ua

 ORCID ID: 0000-0002-5353-2022

**Анотація:** В умовах сучасного ринку, спостерігається зростання попиту на плоский металопрокат, тому виготовлення обладнання для виробництва такої металопродукції є актуальною проблемою важкого машинобудування. В той же час, значну частину обладнання, створюваного для прокатного виробництва металургійних підприємств, що спеціалізуються на виготовленні плоского металопрокату, складають машини та механізми, які не задіяні безпосередньо при прокатці металу, але забезпечують виконання інших операцій, які є важливими складовими всього технологічного процесу та спрямовані на отримання металопродукції з заданими характеристиками. Серед них важливе місце займають ножиці для поздовжнього та поперечного розрізання, які застосовуються для отримання плоского металопрокату заданої форми та розмірів. При цьому широке використання отримали ножиці з односхилим (гільйотинним) та двосхилим (шевронним) ножем, які, зазвичай використовуються для поперечного розрізання штаб або листів і є найбільш складним обладнанням ліній розрізання прокатних станів. Тому в умовах машинобудівного виробництва, при розробці техніко-комерційних пропозицій, велику роль має своєчасне та коректне визначення собівартості таких ножиць. Це потребує наявності у фахівця можливості попереднього визначення їх металоємності. Тому в межах даної роботи на базі проведеного аналізу наявних даних по основним характеристикам відомих ножиць, була отримана математична залежність, яка дозволяє визначити металоємність ножиць з урахуванням максимальної сили розрізання та максимально допустимої ширини плоского металопрокату. При цьому може бути доцільно подальше уточнення та адаптація отриманої залежності з метою її використання при розробці засобів автоматизації проектування технології розрізання плоского металопрокату похилим ножем.

**Ключові слова:** плоский металопрокат; ножиці; розрізання; собівартість; металоємність; залежність.

## Вступ (Introduction)

Плоский металопрокат є значною частиною продукції металургійного виробництва, при цьому, в умовах сучасного ринку, спостерігається стійкий ріст попиту на цей вид металопродукції. В даних умовах є необхідність постійного вдосконалення обладнання, яке використовується для виробництва плоского металопрокату, з метою збільшення його продуктивності та підвищення якості готової продукції. Таким чином, виготовлення такого обладнання є актуальною проблемою важкого машинобудування.

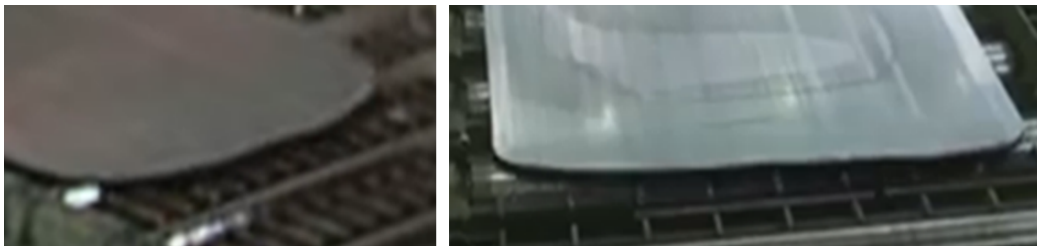
Беручи до уваги сталий розвиток металургійного виробництва, перед машинобудівними підприємствами постає завдання своєчасної розробки актуальних та ефективних рішень при проектуванні обладнання, використовуваного для виробництва плоского металопрокату. При цьому зосередженість на виготовленні конкурентоспроможного обладнання є ключовим фактором розвитку машинобудівного виробництва, однак вимагає застосування сучасних підходів (*Sukov & Byvshev, 2013*), які зокрема передбачають автоматизацію виробничих процесів. Це дозволяє значно скоротити час необхідний на проектування та виготовлення обладнання.

При виготовленні металургійного обладнання, велику роль має адекватне та виважене визначення собівартості створюваного обладнання, що дозволяє ґрунтовно та своєчасно реагувати на можливі зміни кон'юнктури ринку. При цьому фахівцям з проектування обладнання часто доводиться діяти в умовах жорстких обмежень часу, тому швидкість прийняття рішень набуває великого значення. Це зумовлює необхідність створення математичних моделей та програмних продуктів на їх основі, які допоможуть більш ґрунтовно приймати якісні рішення в умовах виробництва та зменшити можливість збитків.

Слід зазначити, що значну частину обладнання, створюваного для прокатного виробництва металургійних підприємств, спрямованих на виготовлення плоского металопрокату, складають машини та механізми, які не задіяні безпосередньо при прокатці металу, але забезпечують дотримання показників якості (які є важливими складовими

ринкової вартості металопрокату) та, як наслідок, отримання металопродукції з заданими характеристиками. Загалом сам процес виробництва плоского металопрокату, безпосередньо, спрямований на отримання готового листа або штаби високої якості з мінімальними витратами і максимальною продуктивністю. Значну частку продукції яку випускає металургійна промисловість складає плоский металопрокат товщиною від 5 до 80 мм, шириною від 600 до 4800 мм, а також плити товщиною до 160 мм (Koh, 2022). Для виробництва такого металопрокату використовують прокатні стани великої одиничної потужності, при цьому залежно від різних умов (наприклад, марки сталі) технологічний процес виробництва може суттєво відрізнятися, однак незалежно від обраної технологічної схеми виробництва плоского металопрокату, вона, зазвичай, передбачає виконання операцій розрізання з метою забезпечення заданої форми та розмірів готової продукції. Ці операції, як правило, є складовою частиною технологічного процесу, виконуються на завершальних стадіях виробництва плоского металопрокату і мають безпосередній вплив на якість готової продукції. Тому постійне вдосконалення технології та обладнання процесів розрізання плоского металопрокату є важливою складовою отримання конкурентоспроможної продукції.

Операції розрізання також можуть застосовуватись для розділення на мірні частини розкатів на проміжних етапах технологічного процесу прокатки, але більш важливу роль, для забезпечення якості металопродукції, мають операції розрізання прокату на мірні довжини та обрізання бічних кромek плоского металопрокату для утворення кінцевої форми. З цією метою операції розрізання, насамперед, застосовують для видалення переднього і заднього некондиційних кінців розкату (рис. 1).



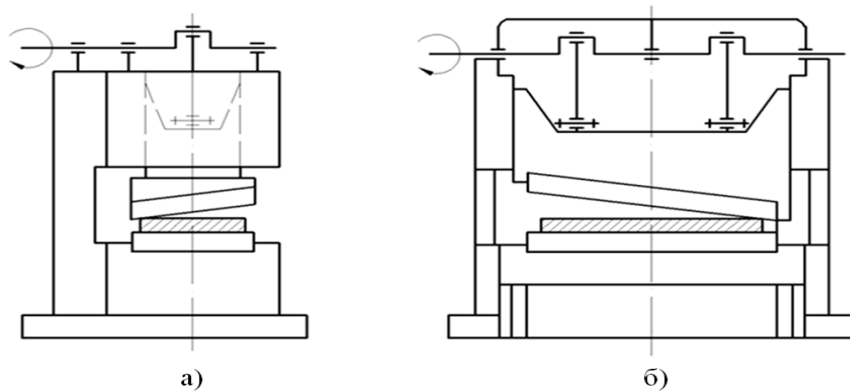
**Рисунок 1.** Фото некондиційних кінців розкату, які підлягають обрізанню

Для реалізації операцій розрізання, до складу сучасних прокатних станів включають різноманітне обладнання, а розділовий процес може здійснюватися як механічним, так і термічним способами. Слід зазначити, що механічний спосіб розрізання є найбільш ефективним, а його реалізація може здійснюватися шляхом різання, коли відбувається часткове видалення металу з зони розділення (Ishchenko A.A. & Kapustin S.V 2023), або шляхом здвигу металу, без часткового видалення металу з зони розділення.

Реалізація розділової операції механічним способом шляхом здвигу дозволяє отримувати металопродукцію високої якості з максимальною продуктивністю і мінімальними втратами металу. Крім того, застосування такого способу розрізання дозволяє виключити можливість виникнення нерівномірності механічних властивостей по перетину готового плоского металопрокату, яка має місце при застосуванні термічних способів розрізання, які, як правило, передбачають локальне перегрівання металу, що загалом суттєво знижує якість готової продукції.

Механічний спосіб розрізання плоского металопрокату шляхом здвигу, зазвичай передбачає використання ножиць різного типу (Vishtak & Kobylyansky, 2015). При цьому слід зазначити, що ножиці, які використовуються в лініях розрізання прокатних станів є машинами одними з найбільш складних по кінематиці та конструкції, що входять в комплекс прокатного стана. Такі агрегати (ножиці) суттєво різняться за призначенням, конструкцією та принципом дії. Зокрема, розрізняють ножиці для поперечного і поздовжнього розрізання. До першої групи зокрема відносяться ножиці з похилим ножом (гільйотинні), які застосовуються для поперечного розрізання як плоского так і сортового металопрокату (Grechany, 2017).

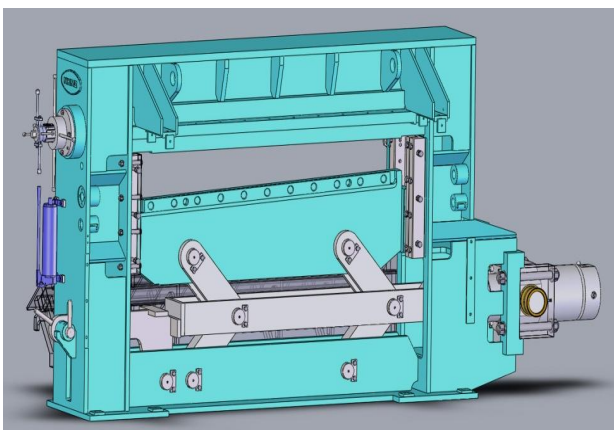
Конструктивно ножиці з похилим ножом для розрізання плоского металопрокату бувають двох типів: відкритого (показаного на рис. 2, а) та закритого ( поданого на рис. 2, б).



**Рисунок 2.** Схеми гільйотинних ножиць, відкритого (а) і закритого (б) типів, які використовуються для розрізання плоского металопрокату

Для реалізації операції поперечного розрізання у потоці прокатного стану застосовують, переважно, ножиці закритого типу, які мають дві станини, з'єднані знизу траверсою. У просвіті між станинами переміщується супорт із закріпленим на ньому ножом, при цьому рухомим може бути як верхній, так і нижній ніж. Застосування для розрізання плоского металопрокату похилого ножа забезпечує, поступовий локальний контакт між ножом та металопрокатом, що знижує силу розрізання за рахунок збільшення необхідного ходу ножа. При цьому досить розповсюдженим є використання ножиць з кутом нахилу ножа в межах  $2^\circ \dots 3^\circ$ . В той же час кут більше  $5^\circ$  використовується доволі обмежено через залишкові деформації у вигляді скручування плоского розрізаного металопрокату, а також утворення випуклості або вигину вузьких штаб (*Gustafsson et al., 2016*).

На рисунку 3, в якості прикладу, представлені гільйотинні ножиці з нижнім рухомим похилим ножом конструкції Новокраматорського машинобудівного заводу («НКМЗ», м. Краматорськ, Україна). Ці ножиці призначені для поперечного розрізання плоского металопрокату товщиною 6...10 мм та шириною 800...1800 мм. При цьому кут нахилу нижнього ножа складає  $2^\circ$ .

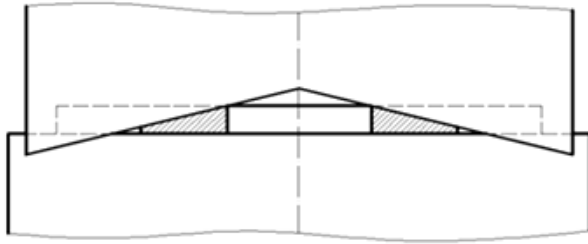


**Рисунок 3.** Конструкція ножиць для поперечного розрізання плоского металопрокату з нижнім рухомим похилим ножом («НКМЗ», м. Краматорськ, Україна)

Слід зазначити, що досить часто для поперечного розрізання плоского металопрокату використовують більш складний у виготовленні двосхилий ніж, який ще називають «шевронним». Схема розрізання плоского металопрокату таким ножом показана на рис. 4. Така реалізація процесу поперечного розрізання плоского металопрокату має певні переваги

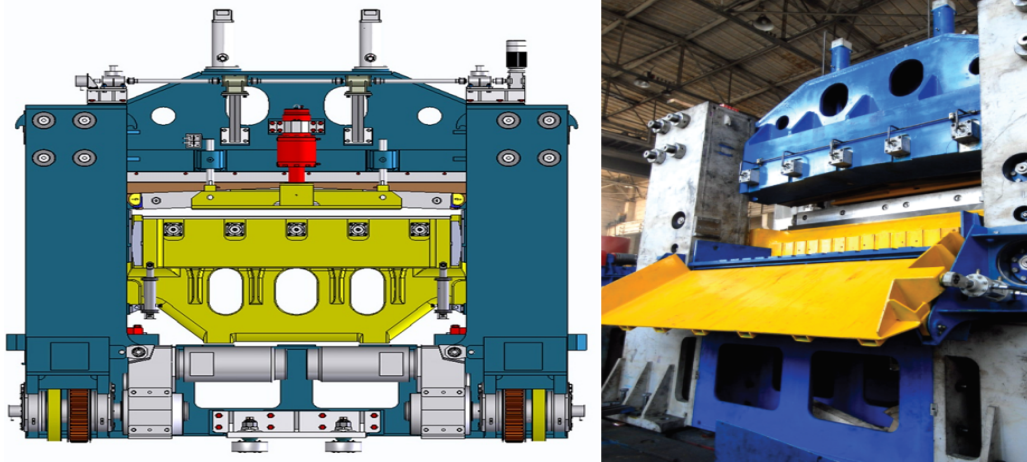


в порівнянні з розрізанням звичайним гільйотинним ножем. Зокрема, в даному випадку, лист займає більш стійке положення внаслідок врівноваження горизонтальних складових сили розрізання, що потенційно дозволяє збільшити кут нахилу робочих кромки та зменшити необхідну величину переміщення ножа при розрізанні.



**Рисунок 4.** Схема розрізання плоского металопрокату двохилим (шевронним) ножем

У якості прикладу можна привести ножиці, які представлені на рисунку 5. Ці ножиці також розроблені співробітниками «НКМЗ», та передбачають використання шевронного ножа для поперечного розрізання плоского металопрокату товщиною 5...25 мм та шириною 1000...2350 мм. При цьому кут нахилу похилих поверхонь, при використанні шевронного ножа, становить  $3^\circ$ .



**Рисунок 5.** Конструкція ножиць для поперечного розрізання плоского металопрокату з шевронним ножем («НКМЗ», м. Краматорськ, Україна)

Отже, ножиці для поперечного розрізання плоского металопрокату є важливим та затребуваним обладнанням, яке використовують при виробництві плоского металопрокату. Їх виготовлення, в умовах машинобудівного виробництва, потребує, при розробці техніко-комерційних пропозицій на поставку обладнання ліній розрізання плоского металопрокату, зокрема ножиць з похилим ножем, мати інструменти для виконання адекватної попередньої оцінки наявних техніко-економічних рішень. Ця вимога потребує від інженера-конструктора досить широкого та всебічного розуміння як самого технологічного процесу розрізання, так і технічних рішень, що можуть бути використані для його вдосконалення. Крім того, є необхідність моделювання широкого спектру можливих припустимих умов реалізації процесу розрізання з метою встановлення загальних вимог та виявлення оптимальних технологічних параметрів (Grechany et al., 2021). Відповідно це, передбачає розробку та використання математичних моделей процесу розрізання (Gustafsson et al., 2014). Дані моделі мають враховувати якісну та комерційну складову виготовлення обладнання для розрізання металопрокату.

Вочевидь, що енергосилові показники операції розрізання є вагомими факторами, які впливають на собівартість обладнання. Зокрема, для процесу поперечного розрізання

плоского металопрокату на ножицях з похилим ножем, одним з найважливіших технологічних параметрів є максимальна сила розрізання. При цьому, з огляду на існуючі методики, можна стверджувати, що ця величина залежить від комплексу пов'язаних технологічних параметрів процесу розрізання, які включають товщину та механічні властивості металопрокату, а також кут нахилу ножа. Максимальні значення сили розрізання мають місце при розрізанні плоского металопрокату максимальної закладеної в проєкті товщини та з максимальними значеннями межі міцності розрізуваного матеріалу.

Відповідно металоємність ножиць для поперечного розрізання плоского металопрокату буде залежати від ширини розрізуваного листа чи штаби, та механічних властивостей матеріалу з якого вони виготовлені. Отже, при проєктуванні ножиць важливо мати математичну модель залежності металоємності проєктованих ножиць від значення максимальної сили розрізання та ширини розрізуваного плоского металопрокату. Наявність такої математичної моделі дозволить більш обґрунтовано та об'єктивно приймати рішення при висуненні техніко-комерційних пропозицій на поставку обладнання процесу поперечного розрізання плоского металопрокату.

### Матеріали та методи (Materials and Methods)

В умовах машинобудівного виробництва, при попередній оцінці собівартості ножиць для поперечного розрізання плоского металопрокату, необхідно мати уявлення про їх металоємність, що на даному етапі уявляється можливим лише шляхом пошуку схожих аналогів, та подальшої експертної оцінки з урахуванням удільної собівартості. Однак такий підхід, особливо в умовах жорстких обмежень у часі, може призвести до суттєвої похибки при визначенні собівартості та, як наслідок, зменшенню рентабельності виробництва, або навіть отриманню збиткового контракту. Тому, при розробці техніко-комерційних пропозицій на поставку обладнання ліній розрізання плоского металопрокату прокатних станів, доцільно використовувати математичні моделі, які дозволяють попередньо оцінювати металоємність проєктованих ножиць в залежності від технологічних умов реалізації розділової операції.

Проведений аналіз даних з джерела (*Leonov et al., 1972*) дозволяє отримати набір основних технологічних параметрів відомих ножиць з похилим ножем, які використовуються для розрізання плоского металопрокату. Сформований набір даних, який представлений у таблиці 1, може бути використаний для отримання математичної моделі розподілу значень металоємності ножиць в залежності від максимальної сили розрізання та найбільшої ширини розрізуваного плоского металопрокату.

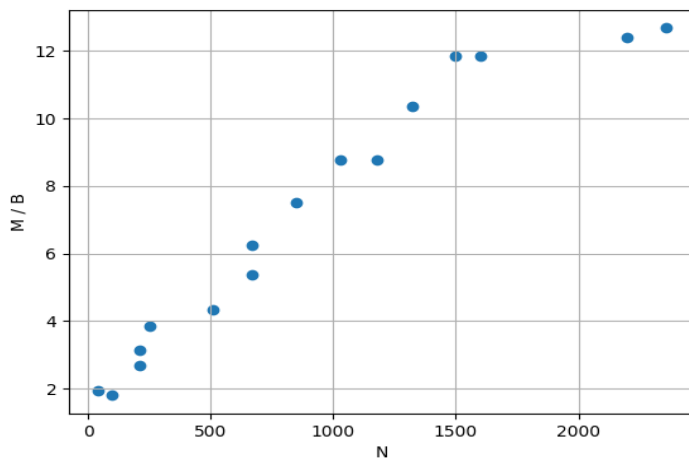
**Таблиця 1.** Технологічні параметри відомих ножиць з похилим ножем, які використовуються для розрізання плоского металопрокату

№ з/п	Модель відомих ножиць	Максимальна ширина розрізуваного плоского металопрокату, мм	Максимальна товщина розрізуваного плоского металопрокату (при межі міцності 500 МПа), мм	Кут нахилу ножа	Маса відомих ножиць, кг
1	НБ331 4	1600	2,5	1°20'	3100
2	НГ474	2000	4	1°20'	3600
3	Н3218 6	2000	6,3	1°30'	5360
4	Н3218 Б	3200	6,3	1°30'	10000
5	Н3121	2000	12,5	2°10'	8650
6	Н3211	3200	12,5	1°40'	20000
7	НБ478	3200	16	2°10'	24000
8	Н481А	3200	20	2°10'	33150
9	Н482	3200	25	2°50'	37900
10	Н483	3200	32	3°	40570

11	2513	4000	6	1°10'	15400
12	4310	3000	13	1°45'	16100
13	6210R	3000	16	1°45'	26300
14	6210	3000	20	2°20'	26300
15	10010	3000	25	3°	35500
16	100-10-S	3000	32	3°20'	37200

Слід зазначити, що для отримання адекватної математичної моделі, металоємність ножиць доцільно представити у співвідношенні до максимально допустимої ширини розрізуваного плоского металопрокату.

Таким чином, використовуючи дані з таблиці 1 на початковому етапі був отриманий відповідний розподіл, який представлений на рисунку 6. При цьому значення максимальної сили розрізання розраховувалось з використанням методики поданої в роботі (Seleznov, 2013) відповідно до характеристик ножиць вказаних в таблиці 1.



**Рисунок 6.** Розподіл значень маси існуючих ножиць  $M$  (представленої у співвідношенні до максимальної ширини  $B$  плоского металопрокату) в залежності від величини максимально допустимої сили розрізання  $N$  (кН)

Загальний аналіз розподілу, представленого на рис. 6, дозволяє попередньо встановити, що між зазначеними величинами дійсно вбачається явно виражений зв'язок, який має нелінійний характер, але може бути встановлений за рахунок застосування процедури лінеаризації. При цьому очевидно, що для опису залежності може бути підібраний математичний вираз, який дозволить визначати металоємність проєктованих ножиць з урахуванням максимально допустимого значення сили розрізання та максимальної ширини розрізуваного плоского металопрокату. Це в подальшому може бути використано, в умовах машинобудівного виробництва, при розробці техніко-комерційних пропозицій на поставку обладнання ліній розрізання плоского металопрокату.

## Результати (Results)

На базі проведеного аналізу характеристик відомих ножиць для розрізання плоского металопрокату похилим ножом, в рамках даної роботи була отримана математична модель, що описує залежність маси проєктованих ножиць  $M$  (представленої у співвідношенні до найбільшої допустимої ширини  $B$  розрізуваного плоского металопрокату) від величини максимальної сили розрізання  $N$ . Ця залежність має наступний вигляд:

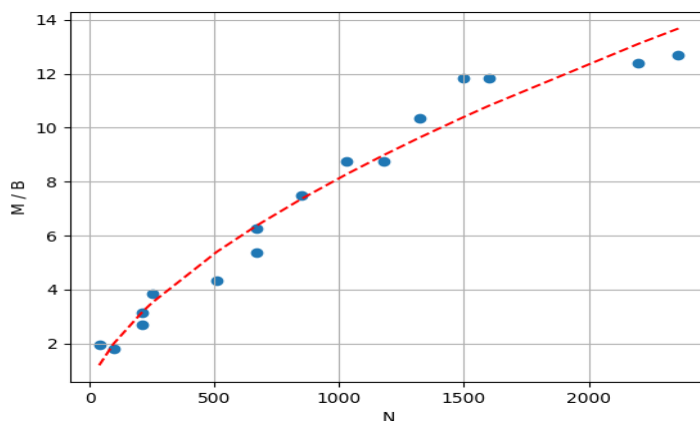


$$\frac{M}{B} = 0,39 + 0,04 \cdot N^{0,49} \cdot \ln(N), \quad (1)$$

де  $M$  – маса ножиць для розрізання плоского металопрокату похилим ножом, кг.;  
 $B$  – максимально допустима ширина розрізуваного плоского металопрокату, мм.  
 $N$  – максимально допустима сила розрізання, кН.

При цьому окремо слід зазначити, що константи рівняння (1) визначалися з використанням методу найменших квадратів.

На рисунку 7, для наочності, представлений попередньо отриманий розподіл (див. рис. 6) разом з відповідною залежністю, отриманою за допомогою виразу (1). Якість отриманої математичної моделі загально можна оцінити на підставі визначення коефіцієнту детермінації, який в даному випадку складає  $R^2 = 0,963$ , що свідчить про високу міру залежності варіації маси проєктованих ножиць від значення максимальної сили розрізання.



**Рисунок 7.** Модельований та реальний розподіли значень маси ножиць  $M$  (представленої у відношенні до максимальної ширини  $B$ , розрізуваного плоского металопрокату) в залежності від величини максимально допустимої сили розрізання  $N$  (кН)

З виразу (1) очевидно, що для визначення металоємності проєктованих ножиць для розрізання плоского металопрокату похилим ножом остаточно може бути використаний наступний математичний вираз:

$$M = B(0,39 + 0,04 \cdot N^{0,49} \cdot \ln(N)), \quad (2)$$

Використання виразу (2) дозволяє попередньо оцінити металоємність проєктованих ножиць для поперечного розрізання плоского металопрокату похилим ножом, що, в умовах машинобудівного виробництва, дозволить більш обґрунтовано висувати нові та корегувати наявні техніко-економічні рішення щодо виготовлення та поставки обладнання ліній поперечного розрізання плоского металопрокату.

Також вираз (2) в подальшому може бути використаний при створенні програмного забезпечення, яке потенційно дозволить фахівцям отримати зручний інтерфейс для автоматизованого розрахунку необхідних технологічних параметрів процесу розрізання плоского металопрокату на ножицях з похилим ножом, який, завдяки проведеному дослідженню, може бути доповнений можливістю прогнозування металоємності проєктованих ножиць. Це може бути використано для визначення оптимальних технологічних умов реалізації процесу поперечного розрізання плоского металопрокату, та оцінки можливості зменшення собівартості проєктованих ножиць з урахуванням можливого впливу на якість готової продукції.

Слід зазначити, що отримана математична модель потенційно може бути використана при проектуванні ножиць для поперечного розрізання як з односхилим (гільйотинним), так і з двосхилим (шевронним) ножем, оскільки ці ножиці досить часто мають спільні основні конструктивні ознаки та принцип дії. При цьому, ефективне використання отриманої математичної моделі, в даному випадку, може потребувати її подальшого уточнення та адаптації під інші типи ножиць. Це може бути особливо корисно при необхідності висування техніко-комерційних пропозицій, які передбачають виготовлення ножиць різних типів.

### **Висновки (Conclusions)**

Ножиці для розрізання плоского металопрокату є невід'ємною складовою комплексу технологічного обладнання прокатного виробництва листового металу. Головною задачею машинобудівного виробництва, при розробленні техніко-комерційних пропозицій на поставку обладнання ліній розрізання прокату в умовах прокатних станів, є створення можливостей для швидкого та максимально точного визначення собівартості пропонованого технологічного обладнання. Це потребує наявності у інженера-конструктора можливості попереднього визначення металоємності проєктованих ножиць, які є основною складовою обладнання ліній розрізання плоского металопрокату.

На теперішній час попереднє визначення металоємності ножиць для розрізання плоского металопрокату можливе шляхом експертної оцінки, яка ґрунтується на існуючих аналогах. Однак такий підхід потребує узагальнення та систематизації, щоб виключити елементи суб'єктивізму та можливість суттєвої похибки при визначенні собівартості обладнання і, як наслідок, підвищити рентабельність виробництва. Тому в межах даної роботи на базі проведеного аналізу наявних фактичних даних по основним характеристикам відомих ножиць, була розроблена математична модель, яка дозволяє визначити металоємність проєктованих ножиць з похилим ножем, та здатна враховувати максимальну силу розрізання та максимальну ширину розрізуваного плоского металопрокату.

Отримана математична модель може бути ефективною при застосуванні для попередньої оцінки металоємності проєктованих ножиць при розробці техніко-комерційних пропозицій на поставку обладнання ліній розрізання плоского металопрокату на ножицях з похилим ножем. З її допомогою потенційно може визначитися металоємність ножиць як з односхилим (гільйотинним), так і двосхилим (шевронним) ножем. При цьому може бути необхідне подальше уточнення отриманої залежності шляхом розширення та актуалізації вихідного набору даних.

Використання отриманої математичної моделі дозволяє більш ефективно та обґрунтовано сформулювати собівартість необхідних до проектування ножиць та оцінити можливість зменшення їх кінцевої вартості з урахуванням металоємності обладнання та основних технологічних показників операції розрізання плоского металопрокату. Крім того, можливе подальше використання отриманої математичної моделі при розробці програмних засобів автоматизованого проектування технології розрізання плоского металопрокату на ножицях похилим ножем.

### **Конфлікт інтересів (Conflicts of interest)**

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

### **Фінансування (Funding)**

Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування.

### **Внесок авторів (Authors contribution)**

Концептуалізація, С.М.; формальний аналіз, С.М. та Б.П.; Методологія, С.М. та Б.П.; візуалізація, С.М; оригінальна чернетка, С.М; перегляд і редагування Б.П. Усі автори прочитали та погодилися з опублікованою версією рукопису.

**Література (References)**

- Grechany, O.M. (2017). Obgruntuvannya vyboru tekhnichnykh parametriv hiliotynnykh nozhyts prokatnoho stanu. *Metalurhiia*, 2 (38), 126–130. <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/handle/12345/481>
- Grechany, O.M., Vasylichenko, T. O., Vlasov, A. O., & Karmazin, M. O. (2021). Analiz mozhyvykh shliakhiv pidvyschennia produktyvnosti obladdnannia potokovykh linii prokatnykh tsekhiv. *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*, 3 (78), 36–42. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdntu\\_2021\\_3\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdntu_2021_3_6)
- Gustafsson, E., Karlsson, L., & Oldenburg, M. (2016). Experimental study of forces and energies during shearing of steel sheet with angled tools. *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*, 11, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40712-016-0063-1>
- Gustafsson, E., Oldenburg, M., & Jansson, A. (2014). Design and validation of a sheet metal shearing experimental procedure. *Journal of Materials Processing Technology*, 214(11), 2468–2477. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2014.05.013>
- Ishchenko A.A.&Kapustin S.V (2023). Analiz sposobiv rozkroiu zahotovok v liniakh prokatnykh staniv. *Nauka ta vyrobnytstvo*, (25), 20–26. <https://doi.org/10.31498/2522-9990252023286596>
- Koh, A.K. (2022). Oglyad suchasnih товстолістових прокатних станів для виробництва товстих листів. *Mizhnarodna naukova internet-konferenciya «Informacijne suspilstvo: tehnologichni, ekonomichni ta tehnicni aspekti stanovlennya»*, 65 67–71. [http://konferenciaonline.org.ua/data/downloads/file\\_1652961131.pdf#page=67](http://konferenciaonline.org.ua/data/downloads/file_1652961131.pdf#page=67)
- Leonov, Y.S., Fuha, H.P., Krylov, H.L., & Pesotskyi, V.H. (1972). Nozhnytsi dlia rezky lystovoho i sortovoho prokata. M.: Mashynostroenye. 376 pp.
- Seleznov, M.E. (2013). Opredelenie maksimalnogo usiliya pri poperechnoj rezke tolstolistovykh raskatov shevronnym nozhom slozhnoy formy. *Sbornik nauchnykh trudov Donbasskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta*, 41, 173–178. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/sntdgtu\\_2013\\_41\\_29](http://nbuv.gov.ua/UJRN/sntdgtu_2013_41_29)
- Sukov, G.S., & Byvshev, A.P. (2013). Novoe effektivnoe plyus nezasluzhenno zabytoe staroe. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (1), 4–6. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte\\_2013\\_6%281%29\\_2](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2013_6%281%29_2)
- Vishtak I.V., &Kobylyansky, E.O. (2015). Ohliad obladdnannia dlia mekhanichnoi obrobky metalu. *Bulletin of engineering and transport*, 2, 15–22. <https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/20/23>