

*ст. преподаватель Боровик П.В.,  
к. т. н., проф. Луценко В.А.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ НОЖА НА ВЕЛИЧИНУ РАБОТЫ В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛА НА НОЖНИЦАХ**

*Приведені результати експериментальних досліджень щодо оцінки впливу відносної ширини кромки, що ріже, ножа на питому роботу різання.*

Введение. В настоящее время актуальным является вопрос экономии материальных и энергетических ресурсов, используемых при получении металлопродукции. Эффективное решение этой задачи возможно только при условии комплексного подхода, путем совершенствования существующих технологий, а также за счет внедрения новых высокоэффективных технологических процессов и их от дельных операций и оборудования.

Состояние вопроса. Резание металла на ножницах является одной из самых распространенных операций применяемых в технологических линиях по производству проката [1,2]. Так в частности для продольной резки листов и обрезки боковых кромок применяют дисковые ножницы с числом пар ножей не менее двух.

В условиях ОАО "Алчевский металлургический комбинат", обрезку кромок толстых листов осуществляют на дисковых ножницах в горячем состоянии [3]. Согласно существующей технологии к порезке на дисковых ножницах допускаются толстолистовые раскаты при температуре свыше  $t = 400$  °С и толщиной  $H$  до 40 мм, в зависимости от температуры и марки стали. Данный процесс содержит определенные резервы по снижению энергозатрат и расширению диапазона листов разрезаемых на существующей конструкции ножниц в горячем состоянии [4,5].

Для количественной оценки указанных возможностей требуется ряд дополнительных исследований связанных с изучением влияния конструкции ножа на энергосиловые параметры процесса.

Постановка задачи. Целью данной работы являлось следующее: изучить влияние ширины режущей кромки ножа на удельную работу

резания и получить характер и количественную оценку этой зависимости.

Суть и содержание работы. Согласно рекомендаций А.И. Целикова [1] удельной работой резания называется работа, затрачиваемая на разрезание образца сечением  $1 \text{ мм}^2$  при высоте  $1 \text{ мм}$ . Величина удельной работы резания равна площади ограниченной кривой удельного сопротивления:

$$w = \int \tau d\varepsilon ,$$

где  $\tau = f(\varepsilon)$  – удельное сопротивление резанию, т.е. условное напряжение сдвигу, отнесенное к первоначальному сечению;

$\varepsilon$  – относительная глубина надреза.

Кривая удельного сопротивления резанию получается путем деления усилия резания на первоначальную перерезаемую площадь сечения заготовки.

Реализация эксперимента по изучения влияния ширины режущей кромки ножа на удельную работу резания осуществлялась на лабораторных гильотинных ножницах кафедры «Машины металлургического комплекса и прикладная механика» Донбасского государственного технического университета.

В рамках данного эксперимента производилась резка свинцовых образцов толщиной  $10$  и  $20 \text{ мм}$  различной ширины, общим количеством  $N_0 = 32$  шт. При этом применялись ножи с шириной режущей кромки  $2, 4, 6, 8, 10, 12 \text{ мм}$ .

Первоначальная площадь перерезаемого сечения определялась с учетом наличия между ножами бокового зазора (рис. 1), который составлял  $\delta = 0,75 \text{ мм}$ :

$$S = B \cdot \sqrt{H^2 + \delta^2} , \quad (1)$$

где  $B$  – ширина заготовки;

$H$  – толщина исходной заготовки;

$\delta$  – боковой зазор между ножами.

В результате были получены кривые изменения усилия резания  $P$  от хода ножа  $z$ :

$$P = f(z) . \quad (2)$$

При определении относительной глубины надреза, также учитывался боковой зазор между ножами:

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{(H - (z_n - z))^2 + \delta^2}}{\sqrt{H^2 + \delta^2}}, \quad (3)$$

где  $z_n$  – положение ножа в момент начала внедрения ножей в металл;

$z$  – текущее положение ножа.

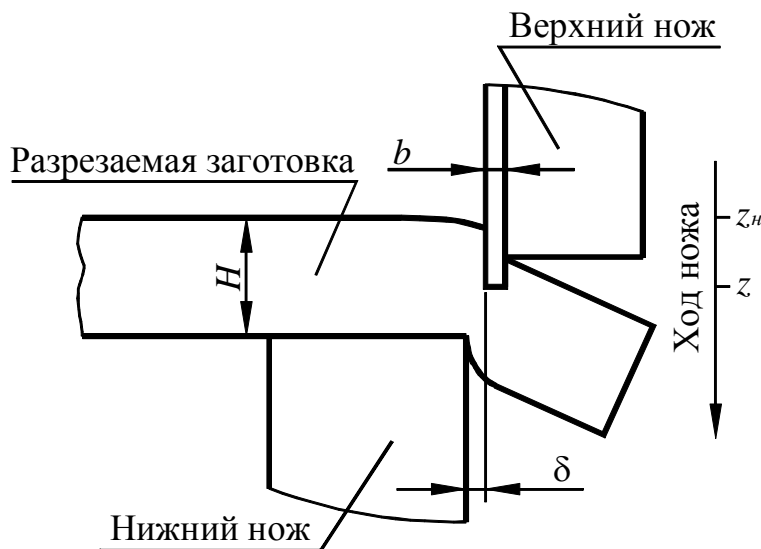


Рисунок 1 – Картина и параметры резания ножом с конструктивным элементом

Используя выражение (3) зависимость (2) преобразовывалась в зависимость усилия резания от относительной глубины надреза ( $P = f(\varepsilon)$ ), разделив которую на исходную площадь заготовки (выражение (1)), получали кривые удельного сопротивления резанию.

Кривые удельного сопротивления резанию, полученные по результатам экспериментов для различных соотношений ширины режущей кромки ножа к толщине заготовки, представлены на рисунке 2 (верхний ряд).

Поскольку работа резания совершается до момента скола, то очень важно знать относительную глубину надреза  $\varepsilon_{отр}$ , соответствующую окончательному отрыву одной части металла от другой. С этой целью, по экспериментальным данным, строились кривые истинного сопротивления резанию в зависимости от относительной глубины надреза  $\varepsilon$ , которые получались путем деления усилия резания на срезаемую площадь заготовки  $S(\varepsilon)$  при внедрении ножей в металл:

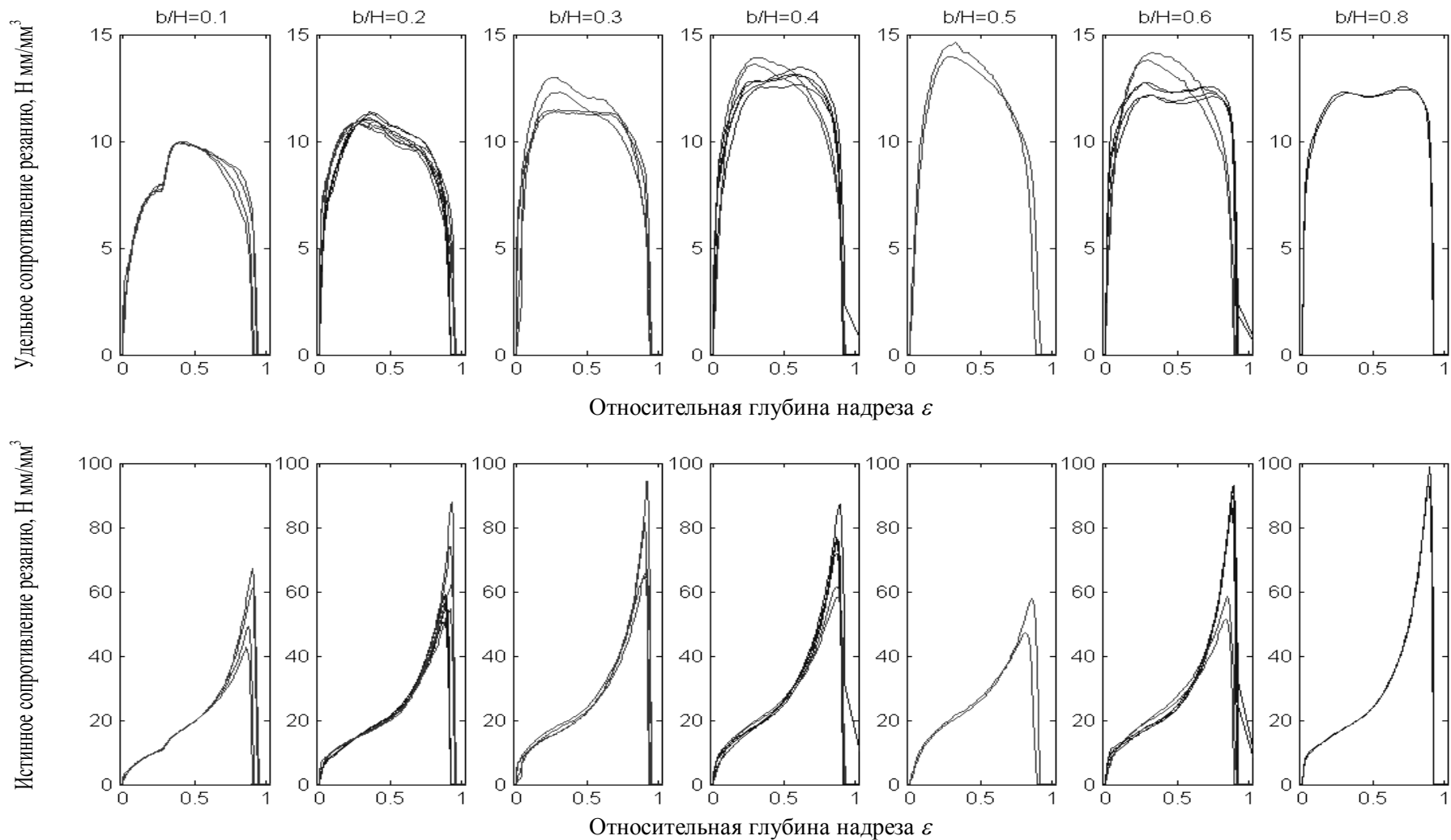


Рисунок 2 – Экспериментальные кривые удельного (верхний ряд) и истинного (нижний ряд) сопротивления резанию для различных соотношений ширины режущей кромки к толщине заготовки

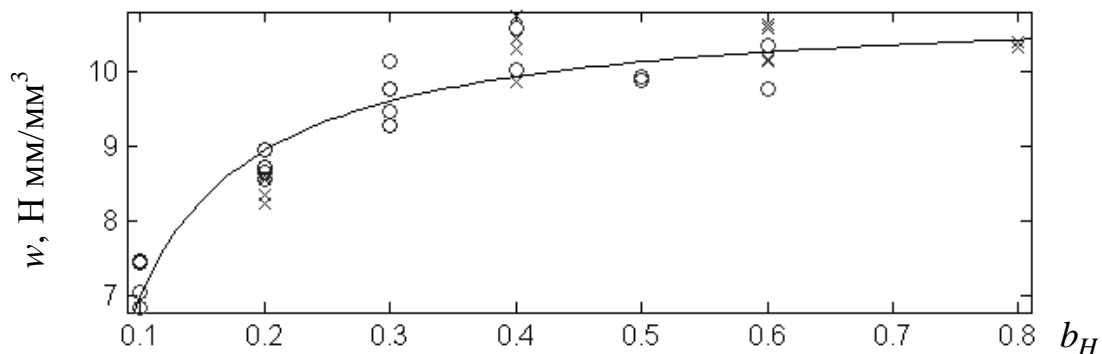
$$S(\varepsilon) = B \cdot \sqrt{[H \cdot (1 - \varepsilon)]^2 + \delta^2}.$$

Кривые истинного сопротивления резанию, полученные по результатам экспериментов для различных соотношений ширины режущей кромки ножа к толщине заготовки, представлены на рисунке 2 (нижний ряд). Экстремум полученных зависимостей соответствует относительной глубине надреза отрыва  $\varepsilon_{отр}$ .

Затем определялись значения удельной работы резанию путем численного решения интеграла:

$$w = \int_{\varepsilon_H}^{\varepsilon_{отр}} \tau(\varepsilon) d\varepsilon.$$

Результаты вычислений представлены на рисунке 3. Видно, что зависимость удельной работы резания от относительной ширины режущей кромки ножа имеет форму нелинейной парной связи. Исходя из предположения, что данная зависимость является линейной по параметрам, использовались линеаризующие преобразования для восстановления функции методом наименьших квадратов [6].



× – заготовка толщиной 10 мм;

o – заготовка толщиной 20 мм;

Рисунок 3 – Экспериментальные значения удельной работы резания при различных соотношениях режущей кромки ножа к толщине заготовки и аппроксимирующая зависимость

Из полученных результатов следует, что удельная работа резания достигает своего наибольшего значения при  $b/H = 0,4...0,5$ , что соответствует фактической ширине площадки контакта между ножом и металлом (для свинца), которая при дальнейшем увеличении отношения  $b/H$  практически не увеличивается.

Так же следует отметить тот факт, что при  $b/H = 0,1$  имеет место снижение удельной работы резания порядка 25...30%.

В качестве оптимальной формы связи была принята функция вида:

$$w = a_0 + \frac{a_1}{b_H}, \quad (4)$$

где  $b_H$  – относительная ширина режущей кромки ножа ( $b_H = b/H$ ).

После соответствующих линеаризующих преобразований [6] был определен коэффициент корреляции, который составил  $r = -0,9415$ .

В результате обработки полученных данных методом наименьших квадратов были получены коэффициенты регрессии к уравнению (4), величина которых составила:

$$a_0 = 1,4016; \quad a_1 = -0,0402.$$

Полученная согласно модели зависимость представлена графически на рисунке 3 сплошной линией. Адекватность полученного уравнения была подтверждена критерием Фишера.

Выводы. По результатам экспериментальных исследований процесса резания свинцовых образцов на ножницах можно утверждать следующее:

- удельная работа резания является зависимой величиной от относительной ширины режущей кромки ножа при  $b/H \leq 0,4...0,5$ ;
- характер полученной зависимости является нелинейным, но она может быть линеаризована путем подбора оптимальной формы связи и применения линеаризующих преобразований;
- при уменьшении относительной ширины режущей кромки ножа до  $b/H = 0,1$  имеет место снижение удельной работы резания порядка 25...30%.

Результаты работы могут быть использованы при дальнейших исследованиях, направленных на увеличение толщины листов, разрезаемых на дисковых ножницах в горячем состоянии.

*Приведены результаты экспериментальных исследований по оценке влияния относительной ширины режущей кромки ножа на удельную работу резания.*

*The results of experimental researches are resulted as evaluated by influence of relative width of cutting edge of knife on specific work of cutting.*

**Библиографический список.**

1. Целиков А.И., Смирнов В.В. Прокатные станы. – М.: Металлургиздат, 1958. – 412 с.

2. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. Изд-во “Металлургия”, М. 1985. – 375 с.

3. Боровик П.В. Исследование качества порезки горячих толстолистовых раскатов дисковыми ножницами. // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Краматорськ, 2006. – с. 180-182.

4. Патент України 4860, МПК 7 B23D19/04. Дискові ножниці / Боровик П.В.; заявник і патентовласник Донбаський гірничо-металургійний інститут – №20040503435 заявлено 06.05.2004; опубл. 15.02.2005, Бюл. №2.

5. Боровик П.В. Исследование влияния конструкции ножа на качество и энергосиловые параметры резания толстолистовых раскатов в горячем состоянии. // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Краматорськ –, с. 588-590.

6. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988. – 239 с.

*Рекомендовано к печати  
д. т. н., проф. Петрушовым С.Н.*