

## НОВЫЕ МАТЕРИАЛОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОКАТКИ ТРУБ НА ПИЛИГРИМОВЫХ АГРЕГАТАХ

*Аннотация. Проведен анализ процесса горячей пилигримовой прокатки труб нефтегазового сортамента из круглой непрерывнолитой заготовки для снижения потерь металла в пильгерголовку. Результаты теоретического определения потерь металла в технологическую обрезь позволили разработать новые металосберегающие технологии пилигримовой прокатки как толстостенных труб с  $D/S = 6 \div 12,5$ , так и тонкостенных с  $D/S = 12,5 \div 40$ . Выполненный впервые прогноз уменьшения потерь металла в пильгерголовку позволяет оценить снижение массы пильгерголовки как за счет устранения недоката гильзы и обрезки конца трубы, так и за счет представления профильной части головки из отдельных участков, что позволяет уменьшить ее до минимальных размеров. Для уменьшения массы пильгерголовки при прокатке толстостенных труб рекомендовано использование усовершенствованных технологий прокатки гильз встык и раскатки пильгерголовки на свободном участке дорна.*

*Ключевые слова: труба, гильза, пилигримовый стан, дорн, непрерывнолитая заготовка, затравка, пильгерголовка, экономия металла, металосберегающие технологии.*

**Постановка проблемы.** Основное производство горячекатаных труб осуществляется в мире и в Украине на пяти типах трубопрокатных агрегатов, которые имеют следующие основные показатели, приведенные в таблице 1 [1, 2].

В Украине производство труб на этих агрегатах сконцентрировано на «Нижнеднепровском трубопрокатном» и «Нико-Тьюб» заводах компании «Интерпайп», а также на Днепровском трубном заводе.

В современных условиях резкого колебания спроса на трубы на мировых рынках, низкого спроса на трубы на внутреннем рынке перспектива развития трубного производства состоит в переориентации на универсальные способы производства труб, на которых экономически целесообразно производить как малые, так и большие партии труб. Анализ производства показывает, что пи-

---

\* **Павловский Борис Григорьевич** (05.05.1935-27.01.2018) – известный ученый и специалист в области обработки металлов давлением, кандидат технических наук, заведующий лабораторией ГП «НИТИ».

лигримовый способ как раз и относится к таким универсальным способам производства, кроме того, он обеспечивает получение труб широкого сортамента как по диаметру и толщине стенки, так и по маркам стали.

Трубопрокатные агрегаты с пилигримовыми станами целесообразно использовать для изготовления труб диаметром 194-800 мм ( $D/S \geq 3-55$ ) при средних объемах производства (до 350 тыс. тонн в год).

При изготовлении толстостенных труб диаметром 324-530 мм и выше пилигримовым агрегатам нет альтернативы. Только на этих агрегатах возможно производить толстостенные трубы значительной длины.

В то же время к недостаткам этого способа производства труб можно отнести следующие: относительно низкая производительность пилигримовых станов в сравнении с непрерывным способом, увеличенный расходный коэффициент металла.

Снижение расхода металла на ТПА с пилигримовыми станами, где коэффициенты расхода металла особенно актуально. Это связано с потерями металла в технологическую обрезь затравочного конца и пильгерголки, составляющими 6-10 % и более массы исходной заготовки.

Таблица 1

Показатели производства труб на разных ТПА

ТПА Показатель	АС	СПП	НС	ПС	ТС
Тонкостенность D/S	4-40	4-30	10-30	4-40	4-12
Предельные D, % отклонения S, %	$\pm 1$ $\pm 12,5$	$\pm 1$ $\pm 12,5$	$\pm 1$ $\pm 12,5$	$\pm 1$ $\pm 12,5$	$\pm 0,5$ $\pm 6$
Уровень производительности	1,0	1,5	4,5	0,9	0,9
Расх. коэф. РКМ, т/т	1,070	1,080	1,090	1,218	1,090
Маневренность	+	+	-	+	+
Марочный сортамент	+	-	-	+	-

Анализ тенденций развития пилигримового способа производства труб показал, что к ним относятся следующие: использование непрерывнолитой заготовки круглого поперечного сечения; расширение сортамента в сторону больших диаметров труб (до 800 мм) и выше для средних агрегатов; переход на прямую прошивку НЛЗ круглого поперечного сечения в гильзы на косовалковых станах при сохранении возможности использования схемы Кальмеса (с прошивным прессом) для крупногабаритных заготовок с целью улучшения их качества; снижение РКМ за счет уменьшения потерь металла в технологиче-

скую обрезь на пилигримовых станах (затравку и пилигримовую головку); автоматизация режимов пилигримовой прокатки [3,4].

В настоящее время при прокатке бесшовных труб на трубопрокатных агрегатах с пилигримовыми станами потери металла достигают 15 % от заданного в производство, что соответствует выходу годного 85 %. Составляющие потерь металла в процентном отношении: угар – 23 %, обрезь – 72 % и брак – 5 %. Основная доля потерь металла приходится на обрезь на прокате и в отделке. Поэтому снижение технологической обрезки при прокатке труб является одним из важнейших резервов уменьшения потерь металла.

**Деформационная модель производства труб на пилигримовом агрегате 5-12" НТЗ.** Отличительной особенностью схемы Кальмеса является получение гильзы из заготовки на прошивном прессе и после подогрева стакана раскатка его в гильзу на стане элонгаторе с прошивкой доньшка. Вторая схема – Маннесманна предусматривает получение гильзы непосредственно на прошивном косовалковом стане с последующей ее прокаткой в трубу на пильгерстане и калибровочном стане. Эта схема также может использоваться на ТПА 5-12" НТЗ на ограниченном сортаменте труб Ø 168-273 мм вследствие недостаточной мощности существующего косовалкового стана-элонгатора.

В рамках решения проблемы снижения потерь металла в затравку и пильгерголовку нами поставлена задача определения этих потерь при получении труб широкого размерного сортамента и анализа эффективности мероприятий по их снижению.

Так как затравка и пильгерголовка образуются при прокатке на пильгерстане, их размеры и масса зависят от исходных размеров непрерывнолитой заготовки, размеров готовых труб, деформационных параметров и могут быть определены из таблицы прокатки, представляющую собой математическую модель производства труб на пилигримовом агрегате.

Нами усовершенствована математическая модель расчета таблицы прокатки с целью уточнения технологических параметров для современных условий получения труб на ТПА 5-12" НТЗ из непрерывнолитой заготовки по схеме Кальмеса, с помощью которой нами впервые исследованы потери металла в затравку и пильгерголовку для широкого сортамента труб по диаметру и толщине стенки для прогнозирования снижения потерь в технологическую обрезь на пильгерстане и разработки новых металлосберегающих технологических процессов пилигримовой прокатки.

Основные положения уточненной математической модели расчета таблицы прокатки труб на ТПА 5-12" НТЗ:

- используются НЛЗ круглого поперечного сечения диаметрами 385, 410, 450 и 470 мм;
- потери металла на разделение НЛЗ на мерные части – 0,7 %;
- потери металла в угар и окалину на прокате  $\approx 2,9$  %;
- пильгерголова, состоит из трех частей: недоката длиной 30 мм, профильной части, определяемой по новой методике с учетом профиля бойка пильгервалка и участка трубы длиной 100 мм;
- на прошивном прессе усилием 20 МН используется новая калибровка рабочей поверхности матрицы для центрирования НЛЗ;
- при прокатке тонкостенных труб на пильгерстане коэффициент вытяжки  $\mu_{\Sigma}=9-12$ ;
- расчет таблицы прокатки выполнен для труб общего назначения размерами 168-299 $\times$ 6-18 мм, с  $D/S=9,3-37,3$ .

**Определение потерь металла в технологическую обрезь на пилигримовом стане.** *Определение потерь металла в пильгерголова.* Пилигримовая головка состоит из недоката 4, профильной части 5 и участка трубы 6 (рис. 1б). Длина профильной части 5 пильгерголови равна  $L_{\Pi}$  и определяется с учетом параметров калибровки пилигримовых валков.

*Определение параметров профильной части пильгерголови.* В основу определения профильной части головки положен графоаналитический метод, заключающийся в графическом построении профиля бойка по вершине калибра, катающего радиуса и бочки валка, характеризующих применяемую калибровку пильгервалков, разделение угла бойка на несколько частей радиусами, аналитическое определение точек пересечения радиусов с кривыми профиля валка. Подробно метод определения профильной части пильгерголови приведен в работе [5].

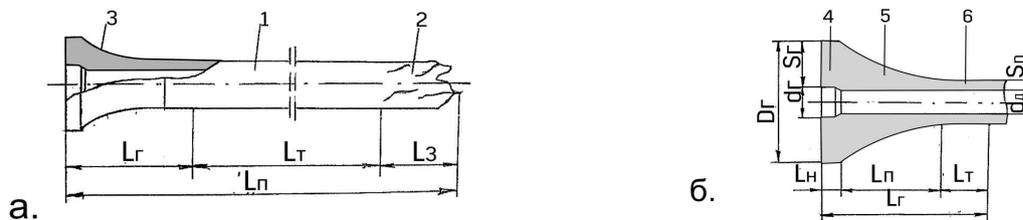


Рисунок 1 - Раскат на пильгерстане (а) и составные части пильгерголови (б):

- 1 - основная часть (годная труба), 2 - затравка, 3 - пильгерголова,
- 4 - недокат гильзы, 5 - профильная часть, 6 - участок трубы

На рис. 2 представлена розвертка профільної частини пильгерголівки на основанні делення бойка на три частини і графічного определения всех параметров.

Длина профільної частини пильгерголівки

$$L_{\Pi} = L_{\Pi 1} + L_{\Pi 2} + L_{\Pi 3} \quad (1)$$

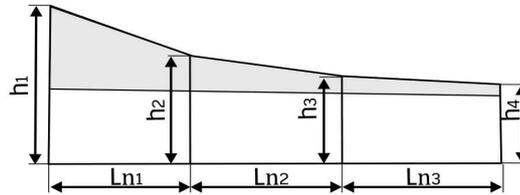


Рисунок 2 - Расчетная модель профільної частини пильгерголівки из трех участков

Высоты  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  и  $h_4$  пильгерголівки определяются графически или расчетным путем. Объемы составляющих 1, 2 и 3 профільной частини пильгерголівки определяются по формуле:

$$V_{n1} = \frac{\pi L_n i}{3} (h_i^2 + h_{i+1}^2 + h_{i1} \times h_{i+1}) - \frac{\pi}{4} d^2 \text{ ср} \times L_n, \quad (2)$$

где  $d$  – средний диаметр дорна, а объем всей пильгерголівки:

$$V_{\Pi} + V_H + V_T + V_{\Pi 1} + V_{\Pi 2} + V_{\Pi 3}, \text{ мм}^3 \quad (3)$$

Масса пильгерголівки равна:

$$G_{\text{пр}} = (\rho_n \times V_{\Pi}) / 10^3, \text{ кг} \quad (4)$$

где  $\rho_n$  – плотность металла,  $\text{кг/м}^3$ .

*Расчеты технологической обреза на пильгерстане.* На величину технологической обреза на пильгерстане влияют много факторов, в том числе, показатель отношения диаметра трубы  $D$  к ее стенке  $S$ , т.е.  $D/S$ .

С помощью разработанной математической модели расчеты таблица прокатки труб на ТПА 5-12" НТЗ из круглой непрерывнолитой заготовки по схеме Кальмеса определены потери металла в обреза: затравку и пильгерголівку для широкого размерного сортамента труб.

На рис. 3-5 в качестве примеров приведены результаты расчетов масс затравки и пильгерголівки.

На рис. 3 приведены абсолютные значения массы раската  $G_p$  на пильгерстане (1) и технологической обреза  $G_o$  – (2), а также относительные значения  $G_o / G_p$  (3) для труб 273×7 мм (А) и 273×18 мм (Б). Доля обреза  $G_o$  в массе раската  $G_p$  составляет 11-17 %.

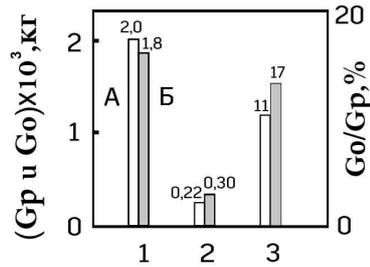


Рисунок 3 - Абсолютные  $G_p$  (1),  $G_o$  (2) и относительные значения  $G_o/G_p$  (3) для труб 273 × 7 мм (А) и 273 × 18 мм (Б)

На рис. 4 приведены абсолютные значения массы обрезки  $G_o$  (1), массы затравки  $G_3$  (2) и пыльгерголки  $G_\Gamma$  (3) и относительные значения  $G_3/G_o$  (4) и  $G_\Gamma/G_o$  (5) для труб размерами 273×7 мм (А) и 273×18 мм (Б). Доля затравки  $G_3$  в массе обрезки  $G_o$  составляет 13,6-18,9 %, а доля пыльгерголки – 86,4-81,1 %.

На рис. 5 приведены абсолютные значения массы пыльгерголки  $G_\Gamma$  (1), недоката  $G_H$  (2), профильной части  $G_\Pi$  (3) и участка трубы  $G_T$  (4), а также относительные значения  $G_H/G_\Gamma$  (5),  $G_\Pi/G_\Gamma$  (6) и  $G_T/G_\Gamma$  (7) для труб размерами 273×7 мм (А) и 273×18 мм (Б).

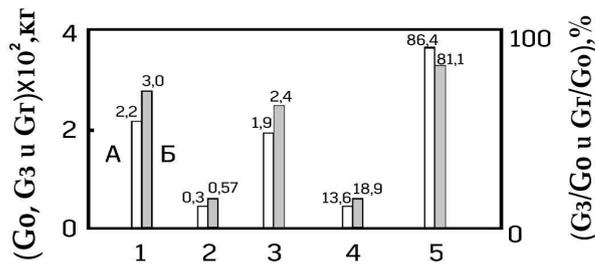


Рисунок 4 - Абсолютные  $G_o$  (1),  $G_3$  (2),  $G_\Gamma$  (3) и относительные  $G_3/G_o$  (4),  $G_\Gamma/G_o$  (5) значения для труб 273 × 7 мм (А) и 273 × 18 мм (Б)

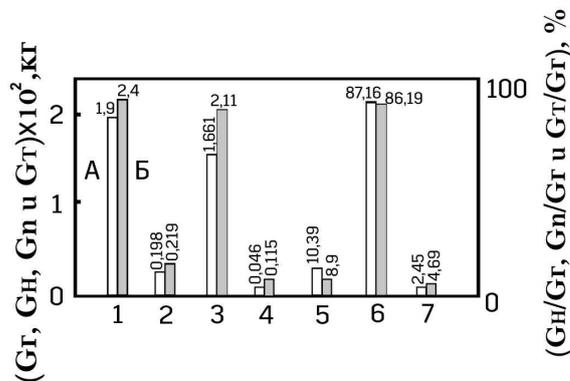


Рисунок 5 - Значения абсолютных и относительных масс составных частей пыльгерголки для труб 273 × 7 мм(А) и 273 × 18 мм (Б)

Наибольшую долю в массе  $G_T$  занимает  $G_{ПГ}$  (86-87 %), при этом доля недоката в  $G_T$  составляет 8,8-10,4 % и  $G_{Т}$  - 2,4-4,7 %.

Результаты расчетов, приведенные на рис. 3-5 позволяют сделать следующие выводы:

- с увеличением наружного диаметра и толщины стенки прокатываемых труб потери металла в технологическую обрезь возрастают;
- прокатка тонкостенных труб (с числом кратов – 3) размером 273×7 мм приводит к относительному уменьшению доли технологической обрезки по сравнению с трубами 273×18 мм (с числом кратов – 1) на 6 % (рис. 3);
- для снижения доли обрезки и расходного коэффициента металла целесообразно увеличивать кратность труб, прокатываемых на пильгерстане из одной гильзы, т.е. прокатывать трубы длиной  $12 \times 3 = 36$  м;
- основными резервами снижения массы пильгерголови являются уменьшение профильной части головки  $G_{ПГ}$ , а также недоката  $G_{Н}$  и участка трубы  $G_{Т}$  (рис. 5).

Проведенные исследования подтверждают значительные резервы снижения расхода металла за счет уменьшения массы затравки и пильгерголови и использованы нами для прогнозирования снижения потерь металла в пильгерголовку при реализации намеченных мероприятий.

**Прогнозирование снижения технологической обрезки.** Прогнозируемое уменьшение технологической обрезки (пильгерголови) приведено на рис. 6 и выполнено нами в рамках поставленной задачи.

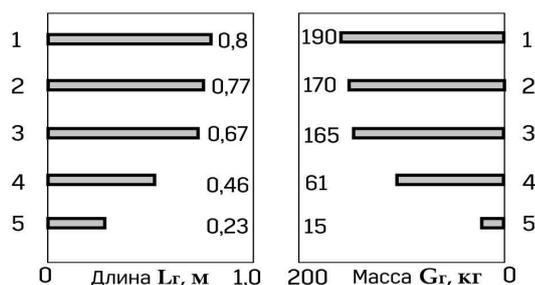


Рисунок 6 - Прогнозирование снижения длины  $L_{ПГ}$  и массы  $G_{ПГ}$  пильгерголови

Методика определения объема и массы пильгерголови, которая представлена из трех частей, впервые позволяет более обоснованно подойти к анализу возможного уменьшения  $L_T$  за счет прогнозирования уменьшения и устранения отдельных частей пильгерголови (рис. 2).

При этом впервые прогнозируется уменьшение профильной части пильгерголови в результате построения ее из отдельных участков  $L_{П1}$ ,  $L_{П2}$ ,  $L_{П3}$  и т.д.

Изменение базовой длины  $L_{Г} = 0,8$  м (1) пильгерголови при прокатке труб размером 273×7 мм прогнозируется за счет докатки головки без участка недоката  $L_{Н}$  (2), без  $L_{Н}$  и  $L_{Т}$  (3) без  $L_{Н}$ ,  $L_{Т}$  и  $L_{П1}$  (4). Дальнейшая раскатка пильгерголови нецелесообразна из-за невозможности снятия трубы с дорна с помощью шиберного устройства. Поэтому максимальное прогнозируемое снижение длины пильгерголови составляет до 71 %, а соответствующее уменьшение ее массы – до 92 %.

**Методы уменьшения пильгерголови.** Проблема существенного снижения массы пильгерголови полностью не решена до настоящего времени, особенно для прокатки тонкостенных труб с отношением  $D/S=12,5-40$ . Известен ряд методов снижения массы пилигримовой головки, которые в настоящее время используются преимущественно при прокатке толстостенных труб с  $D/S=6-12,5$ . Проблема уменьшения массы пилигримовой головки при прокатке тонкостенных труб обусловлена особенностями существующей технологии прокатки и снятия раската с дорна после прокатки шиберным устройством и подающим аппаратом. Проанализируем наиболее применяемые на практике методы уменьшения пильгерголови с целью дальнейшего их совершенствования [6-7].

*Метод прокатки гильз встык.* Этот метод заключается в последовательной стыковке на дорне недокатанной и очередной гильзы. При этом пилигримовая головка полностью раскатывается, а задний конец трубы обрезается на длине 50-70 мм. Метод применим при прокатке толстостенных труб.

*Метод уменьшения недоката пильгерголови.* Этот метод заключается в максимальном уменьшении недоката  $L_{Н}$  пильгерголови, что достигается на практике за счет изменения дорнового устройства (преимущественно конструкции дорнового кольца), позволяющего уменьшить величину недоката  $L_{Н}$ , сократить длину пильгерголови и уменьшить вследствие этого ее массу. Метод применим при прокатке тонкостенных труб.

*Специальная калибровка хвостовика дорна.* Особенностью такой калибровки является увеличение диаметра дорна под пильгерголовкой. При неизменном размере калибра валков это обеспечивает уменьшение объема и массы пильгерголови. Максимальное увеличение диаметра хвостовика дорна по

сравнению с его основной частью не должно превышать величину зазора  $\Delta$  между гильзой и дорном, что обусловлено необходимостью стабильной зарядки дорна в гильзу.

*Способ раскатки пильгерголови на свободном участке дорна.* После прокатки толстостенной трубы на дорне остается недокатанным задний конец гильзы в виде пильгерголови. Процесс прокатки останавливается и осуществляют извлечение дорна из раската на величину  $L_0 = 1,25 - 1,5$  м с помощью шибера и подающего аппарата. Затем осуществляют полную раскатку пильгерголови на дорне в трубу. Окончательное извлечение дорна из трубы осуществляется с помощью того же шибера и подающего аппарата.

Несмотря на то, что этот метод позволяет полностью раскатать пильгерголовку, он применяется достаточно редко, в основном при прокатке последней гильзы при использовании метода прокатки гильз встык. К особенностям метода раскатки пильгерголови на свободном участке дорна относятся следующие:

- он представляет собой неустановившийся процесс с уменьшением сечения головки задаваемой в валки в каждом цикле;

- из-за нарушения сцепления раската с дорном после его предварительного извлечения в первых циклах раскатки пильгерголови происходит значительное смещение раската в направлении вращения валков в результате их динамического воздействия на головку. Это смещение достигает 400 мм. В последующих циклах раскатки сцепление раската с дорном восстанавливается и величина этого смещения относительно дорна уменьшается до 12-20 мм за цикл;

- уменьшение угла кантовки по мере раскатки пильгерголови в связи с уменьшением отката;

- метод применим для прокатки толстостенных труб  $D/S=6-12,5$ .

**Новые технологии прокатки гильз встык.** Первая технология заключается в редуцировании стыка гильз с вытяжкой  $\mu_1 = 1,02 - 1,15$  без обжатия стенки гильзы за счет развода валков на величину калибра  $dk_1 = d_q + 2S_r$  (рис. 7а).

Устранение зазора между гильзой и дорном обеспечивает снижение поперечной деформации на стыке гильз при их последующей раскатке с вытяжкой  $\mu_2 = 4 - 9$  за счет уменьшения калибра до  $dk_2 = d_q + 2S_{\Pi}$ , где  $S_{\Pi}$  – толщина стенки трубы на пильгерстане (рис. 7б). Использование нового способа обеспечивает возможность прокатки этим способом более тонкостенных труб.

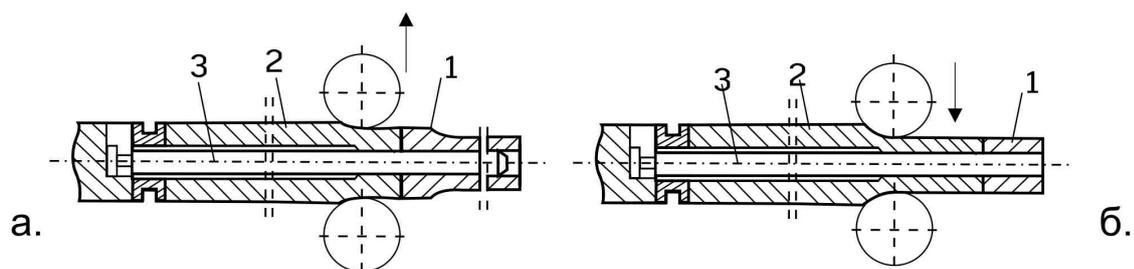


Рисунок 7 - Предварительное редуцирование стыка гильз 1 и 2 на дорне 3 (а) и его последующая раскатка (б)

Вторая технология заключается в применении углеродистого патрубка между стыкуемыми гильзами из легированной и высоколегированной стали, что снижает обрезь труб.

Способ прокатки гильз встык позволяет полностью раскатать пильгерголовку при получении преимущественно толстостенных труб [6]. В результате увеличивается длина прокатанных труб на величину  $\Delta L$ .

На рис. 8а представлены диаграммы значений  $\Delta L$  для разных диаметров труб, а на рис. 8б уменьшение РКМ за счет раскатки пильгерголовки.

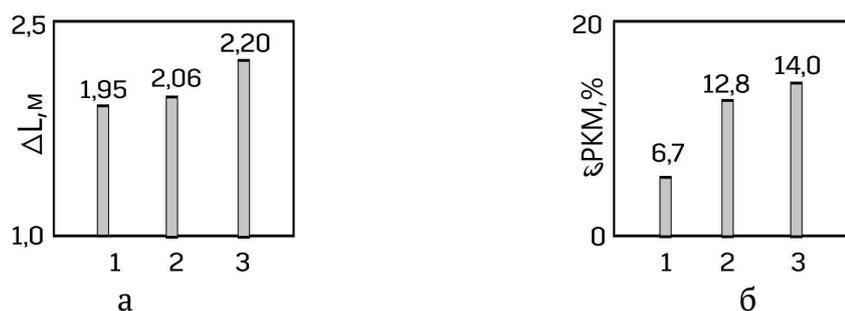


Рисунок 8 - Изменение  $\Delta L$  (а) и  $\epsilon$  РКМ (б) при полной раскатке пильгерголовки на трубах: 1 - 168 x 18 мм, 2 - 219 x 18 мм, 3 - 299 x 18мм

*Развитие технологии докатки пильгерголовки.* Для обеспечения снижения массы пильгерголовки целесообразно осуществлять докатку пилигримовой головки практически без цилиндрического участка.

Для проведения промышленных исследований прокатки труб размером 245×10 мм на ТПА 5-12" ПАО «Интерпайп НТЗ» было предложено специальное дорновое кольцо для докатки пильгерголовки, которое имеет дополнительный цилиндрический участок длиной 150 мм с наружным диаметром составляющим 0,8 диаметра гильзы  $D_r$ . В результате сравнительного анализа прокатки труб размером 245×10 мм с обычными и докатанными пильгерголовками было установлено, что снижение массы пильгерголовок при прокатке по новой технологии составляет примерно 30 кг на одной гильзе или 9-14 кг на тонне [7].

На основании проведенных промышленных исследований нами предложены две новые технологии, позволяющие более эффективно уменьшить массу пильгерголовки за счет комбинации решений по устранению недоката и уменьшению массы ее профильной части.

**Выводы:**

1. Пилигримовый способ производства труб занимает свое особое место среди других способов производства горячекатаных бесшовных труб. Несмотря на имеющиеся преимущества этого способа такие как универсальность, широкий размерный и марочный сортамент, возможность производства труб диаметром до 800 мм и толщиной стенки до 150 мм значительной длины, он имеет повышенный расходный коэффициент металла по сравнению с другими практически на 100-110 кг на тонну, что снижает его конкурентоспособность при использовании в качестве исходного материала круглой непрерывнолитой заготовки.

2. С помощью уточненной математической модели расчета таблицы прокатки труб на примере ТПА 5-12" исследованы потери металла в технологическую обрезь: затравку и пильгерголовку, образующихся на пилигримовом стане и составляющих основную часть в потере металла, которые показали, что основную долю в технологической обрезе на пильгерстане составляет пильгерголовка.

3. На основании исследований предложены новые металлосберегающие технологии прокатки гильз встык которые обеспечивают снижение массы пильгерголовки на 22-25%.

**ЛИТЕРАТУРА / ЛІТЕРАТУРА**

1. Крупман Ю.Г. Современное состояние мирового производства труб / Крупман Ю.Г., Ляховецкий Л.С., Семенов О.А., Стрижак В.И., Зинченко А.С., Кагарлицкий А.С. М., Металлургия. – 1992. – 353с.
2. Грудев А.П. Технология прокатного производства / Грудев А.П., Машкин Л.Ф., Ханин М.И. М., Металлургия. – 1994. – 656с.
3. Стасевский С.Л., Направления модернизации оборудования трубопрокатного агрегата 5-12" с пилигримовыми станами ПАО «Интерпайп НТЗ» / Стасевский С.Л., Степаненко А.Н., Угрюмов Ю.Д., Павловский Б.Г., Угрюмов Д.Ю. // Вісник НТУ «ХПІ». – № 5 (1048). – Харків. – 2014. – с.80-94.
4. Балакин В.Ф. Развитие производства труб на ПАО «Интерпайп НТЗ» / Балакин В.Ф., Угрюмов Ю.Д., Богдан Д.А., Донской И.В., Кондратьев Ю.А., Кадильников С.В. // «Системные технологии». – 2018. – №4 (117). – с.108-112.
5. Павловский Б.Г. Определение технологической обрезки на пилигримовых станах и прогнозирование ее уменьшения/Павловский Б.Г., Стасевский С.Л., ISSN 1562-9945 (Print) ISSN 2707-7977 (Online)

Угрюмов Ю.Д., Гринев А.Ф. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2016. – №3. – с.78-84.

6. Стасевский С.Л. Пути уменьшения технологической обреза на пилигримовом стане/ Стасевский С.Л., Гармашев Д.Ю., Угрюмов Ю.Д., Ксенз А.А.// *Вісник НТУ «ХПІ»*. – №43(1016). – 2013, Харьков. – с.211-220.

7. Сокуренок В.П. Снижение расхода металла при горячей периодической прокатке труб за счет уменьшения массы пилигримовой головки / Сокуренок В.П., Гармашев Д.Ю., Стасевский С.Л., Угрюмов Ю.Д., Ксенз А.А. // *«Черная металлургия»*. – Бюл. НТИ, М. – 2014. – №2. – с.74-82.

#### REFERENCES

1. Krupman Yu.G. *Sovremennoe sostoyanie mirovogo proizvodstva trub* / Krupman Yu.G., Lyakhovetskiy L.S., Semenov O.A., Strizhak V.I., Zinchenko A.S., Kagarliczkij A.S. М., *Metallurgiya*. – 1992. – 353s.

2. Grudev A.P. *Tekhnologiya prokatnogo proizvodstva* / Grudev A.P., Mashkin L.F., Khanin M.I. М., *Metallurgiya*. – 1994. – 656s.

3. Stasevskij S.L., *Napravleniya modernizaczii oborudovaniya truboprokatnogo agregata 5-12" s piligrimovy`mi stanami PAO «Interpajp NTZ»* / Stasevskij S.L., Stepanenko A.N., Ugryumov Yu.D., Pavlovskij B.G., Ugryumov D.Yu. // *Vi`snik NTU «KhPI»*. – No 5 (1048). – Kharkiv. – 2014. – s.80-94.

4. Balakin V.F. *Razvitie proizvodstva trub na PAO «Interpajp NTZ»* / Balakin V.F., Ugryumov Yu.D., Bogdan D.A., Donskoj I.V., Kondrat`ev Yu.A., Kadil`nikov S.V. // *«Sistemny`e tekhnologii»*. – 2018. – No 4 (117). – s.108-112.

5. Pavlovskij B.G. *Opredelenie tekhnologicheskoy obrezi na piligrimovy`kh stanakh i prognozirovanie ee umen`sheniya*/Pavlovskij B.G., Stasevskij S.L., Ugryumov Yu.D., Grinev A.F. // *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promy`shlennost`*. – 2016. – No 3. – s.78-84.

6. Stasevskij S.L. *Puti umen`sheniya tekhnologicheskoy obrezi na piligrimovom stane*/ Stasevskij S.L., Garmashev D.Yu., Ugryumov Yu.D., Ksenz A.A. // *Vi`snik NTU «KhPI»*. – No 43(1016). – 2013. – Khar`kov. – s.211-220.

Sokurenko V.P. *Snizhenie raskhoda metalla pri goryachej periodicheskoy prokatke trub za schet umen`sheniya massy` piligrimovoj golovki* / Sokurenko V.P., Garmashev D.Yu., Stasevskij S.L., Ugryumov Yu.D., Ksenz A.A. // *«Chernaya metallurgiya»*. – Byul. NTI, М. – 2014. – No 2. – s.74-82.

Received 26.11.2020.

Accepted 02.12.2020.

**Новые материалосберегающие технологии прокатки труб  
на пилигримовых агрегатах**

*В работе на основе анализа процесса горячей пилигримовой прокатки труб широкого размерного и марочного сортамента из круглой непрерывнолитой заготовки разработаны новые и усовершенствованы существующие металлосберегающие технологии для снижения потерь металла в пильгерголовку.*

*С использованием научных и патентных источников информации в области пилигримовой прокатки и ее математического моделирования с расчетом таблиц прокатки труб широкого размерного сортамента из круглой непрерывнолитой заготовки диаметром 385-470 мм определены потери металла в технологическую обрезь на пильгерстане: затравку и пильгерголовку.*

*На основании результатов теоретического определения потерь металла в технологическую обрезь на пильгерстане: затравку и пильгерголовку выполнен прогноз снижения массы пильгерголовки, который использован для разработки новых материалосберегающих технологий пилигримовой прокатки труб, как толстостенных с  $D/S = 6 - 12,5$ , так и тонкостенных с  $D/S = 12,5 - 40$ . Потери металла в пильгерголовку являются основным фактором повышенных расходных коэффициентов металла на пилигримовых агрегатах, что снижает их конкурентоспособность в сравнении с другими агрегатами при использовании в качестве исходного материала круглой непрерывнолитой заготовки.*

*Выполненный впервые прогноз уменьшения потерь металла в пильгерголовку позволяет оценить резервы снижения массы пильгерголовки как за счет устранения недоката гильзы и обрезки конца трубы, примыкающего к пильгерголовке, так и за счет отдельных частей ее профильной части и спрогнозировать ее уменьшение до минимально возможных размеров, обеспечивающих снятие трубы с дорна с помощью шиберного устройства.*

*Для уменьшения массы пильгерголовки при прокатке толстостенных труб рекомендовано использование усовершенствованных технологий прокатки гильз встык и раскатки пильгерголовки на свободном участке дорна.*

*Результаты проведенных исследований и предложенные новые материалосберегающие технологии могут быть использованы на пилигримовых агрегатах при прокатке толстостенных ( $D/S = 6 - 12,5$ ) и тонкостенных ( $D/S = 12,5 - 40$ ) труб широкого марочного сортамента (углеродистых, легированных, высоколегированных и специальных) как из НЛЗ, так и ковальной и центробежно-литой заготовки, а также слитков.*

***New material-saving technologies of pipe rolling on pilgrim units***

*In this work, based on the analysis of the process of hot pilger rolling of pipes of a wide range of sizes and grades from a round continuous cast billet, new and improved existing metal-saving technologies have been developed to reduce metal losses in the pilger head.*

*Using scientific and patent sources of information in the field of pilger rolling and its mathematical modeling with the calculation of tables for rolling pipes of a wide range of sizes from a round continuous-cast billet with a diameter of 385-470 mm, metal losses into technological scrap on a pilgerstan are determined: a seed and a pilger head.*

*On the basis of the results of the theoretical determination of metal losses in the process scrap on the pilgerstan: the seed and the pilger head, a forecast was made to reduce the weight of the pilger head, which was used to develop new material-saving technologies for pilger rolling of pipes, both thick-walled with  $D / S = 6 - 12.5$ , and thin-walled with  $D / S = 12.5 - 40$ . Metal losses in the pilger head are the main factor of increased metal consumption coefficients on pilger units, which reduces their competitiveness in comparison with other units when using round continuously cast billets as a starting material.*

*The forecast for the reduction of metal losses in the pilger head made for the first time makes it possible to estimate the reserves for reducing the mass of the pilger head both by eliminating the underflow of the liner and trimming of the pipe end adjacent to the pilger head, and by means of individual parts of its profile part and predicting its decrease to the minimum possible size, ensuring the removal of the pipe from the mandrel using a gate device.*

*To reduce the weight of the pilger head when rolling thick-walled pipes, it is recommended to use improved technologies for butt-end rolling and rolling of the pilger head on the free section of the mandrel.*

*The results of the studies and the proposed new material-saving technologies can be used on pilgrim units when rolling thick-walled ( $D / S = 6 - 12.5$ ) and thin-walled ( $D / S = 12.5 - 40$ ) pipes of a wide range of brands (carbon, alloyed, highly alloyed and special) from both continuous casting machine and forged and centrifugally cast billets, as well as ingots.*

**Балакин Валерий Федорович** - Профессор кафедры качества, стандартизации и сертификации, Национальная металлургическая академия Украины.

**Стасевский Станислав Леонидович** - Директор, ГП «Укрگیпромез».

**Угрюмов Юрий Дмитриевич** - Научный сотрудник, ГП «Укрگیпромез».

**Балакін Валерій Федорович** - Професор кафедри якості, стандартизації та сертифікації, Національна металургійна академія України.

**Стасевський Станіслав Леонідович** - Директор, ДП «Укргіпромез».

**Угрюмов Юрій Дмитрович** - Науковий співробітник, ДП «Укргіпромез».

**Balakin Valery Fedorovich** - Professor of the Department of Quality, Standardization and Certification, The National Metallurgical Academy of Ukraine.

**Stasevsky Stanislav Leonidovich** - Director, State Enterprise "Ukrqipromez".

**Ugryumov Yuri Dmitrievich** - Researcher, State Enterprise "Ukrqipromez".