

УДК 621.774.36

В. Д. Добряк¹, к.т.н., провідний інженер**Ю. Д. Угрюмов**¹, к.т.н., провідний інженер**І. А. Мазур**^{2,*}, к.т.н., доц., ORCID 0000-0003-2177-7110**Д. Ю. Угрюмов**³, технічний директор¹ ДП «Український інститут по проектуванню металургійних заводів»² Український державний університет науки і технологій³ ТОВ «Морська Сюрвейерська Компанія»* Автор для листування: i.a.mazur@ust.edu.ua

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ МЕХАНІЗМУ КАНТУВАННЯ ПОДАВАЛЬНОГО АПАРАТА ПРИ ГАРЯЧІЙ ПІЛІГРИМОВІЙ ПРОКАТЦІ ТРУБ

Анотація. На трубопрокатних агрегатах з пілігримовими станами виробляють безшовні гарячекатані труби широкого розмірного і марочного сортаменту. Процес гарячої пілігримової прокатки труб продовжує залишатися затребуваним в даний час перш за все внаслідок своєї універсальності, а також можливості отримувати товстостінні труби значної довжини. В процесі пілігримової прокатки необхідно здійснювати кантування гільзи (поворот навколо її осі) на кут близький до 90°, що забезпечується механізмом кантування подавального апарата. Існуючі механізми кантування на немоdernізованих подавальних апаратах, в тому числі і тих, які знаходяться в експлуатації в Україні, не забезпечують стабільність кута кантування гільзи в кожному пільгерному циклі пілігримової прокатки. В результаті перекантування гільзи досягає 110÷130°, що призводить до утворення дефектів на зовнішній поверхні труб, збільшенню поперечної різностінності а, як наслідок, і до підвищеній витраті метала. В даній роботі поставлена задача провести аналіз відомих механізмів кантування подавального апарата і запропонувати удосконалену конструкцію механізму кантування. Для кантування гільзи в процесі пілігримової прокатки найбільше розповсюдження отримав дрільний механізм кантування подавального апарата. На практиці кут кантування гільзи, як правило, перевищує кут кантування, кінематично обумовлений шагом нарізки дрелі, на 20°÷30°. Причиною цього є накопичення кінетичної енергії обертання рухомих частин форголлера і гільзи в період розгону і відсутності достатнього моменту гальмування в період лінійного гальмування цих частин при накаті гільзи у валки пілігримового стану. Розглянута можливість сповільнити (загальмувати) обертання по інерції в фазі гальмування рухомих частин

© В. Д. Добряк, Ю. Д. Угрюмов, І. А. Мазур, Д. Ю. Угрюмов, 2025

Це стаття відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.uk>

форголлера при накаті шляхом прикладання момета гальмування до плунжера і використовувати для цього енергію гальмівної рідини, яка витискається з камери гальмування, коли в неї входить уступ плунжера. Проведені випробування на виробництві показали необхідність запропонувати удосконалення дрільного механізму кантування подавального апарата трубопрокатного агрегата 5÷12" ПАТ «Інтерпайп Нико Тьюб». На основі аналізу роботи існуючих механізмів кантування і проведених досліджень в умовах виробництва на трубопрокатному агрегаті 5–12" запропоновано форголлер подавального апарата з дрільним механізмом кантування, який не потребує корінної реконструкції, котрий дозволяє регулювати кут кантування як в період затравки гільзи, так і в період сталої прокатки. Запропоновані технічні рішення з удосконалення механізму кантування подавального апарата розширюють можливості вибору найбільш раціональної його конструкції.

Ключові слова: пілігримовий стан, труба, подавальний апарат, форголлер, механізм кантування, плунжер, гільза, дорн, хвостовик дорна, валки, кут кантування, рухомі частини, дріль, дрільна гайка, храпове колесо, зубчаста рейка, витрата металу, поперечна різностінність.

Посилання для цитування: Тенденції розвитку механізму кантування подавального апарата при гарячій пілігримовій прокатці труб / В. Д. Добряк, Ю. Д. Угрюмов, І. А. Мазур, Д. Ю. Угрюмов // *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії*. 2025. Вип. 39. С. 373-394. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2025-39-24>

Вступ. Процес гарячої пілігримової прокатки використовується для отримання безшовних гарячекатаних труб широкого розмірного і марочного сортаменту з заготовок різного типу: зливків стаціонарного розливання, безперервнолитої заготовки (БЛЗ) круглого поперечного перетину, кованої, катаної і відцентроволитої заготовки. Цей процес є універсальним так як дозволяє виробляти як великі, так і малі партії труб. На трубопрокатному агрегаті (ТПА) 5-12" на ПАТ «Інтерпайп Нико Тьюб» виробляють труби нафтового сортаменту, а також труби загального призначення діаметром $\varnothing 168\div 424$ мм з товщиною стінки $7\div 50$ мм.

Особливістю пілігримового стану є наявність подавального апарата, який призначений для швидкого переміщення (наката) гільзи, яка прокатується, до прокатних валків, для кантування гільзи навколо її осі на оптимальний кут в період наката, для приймання гільзи в період власне прокатки (відкату) і для подачі гільзи на один пільгерний крок в період наката. Таким чином цикл «накат – відкат» подавального апарата повинен бути рівним часу одного оберта прокатних валків, тобто робота апарата повинна бути синхронізована з обертанням валків. Подавальний апарат складається з двох основних частин, власне апарата, який згідно німецької технології називається форголлером, і

каретки, на якій закріплений форголлер. Форголлер подавального апарата має корпус, в якому розміщені рухомі частини, які здійснюють накат і відкат гільзи. Рухомі частини складаються зі шпинделя, який має на одному кінці поршень, а на іншому – дорнотримач з дорном і гільзою.

В корпусі форголлера вбудовано повітряний циліндр, пристрій для кантування шпинделя з гільзою, пристрій гальмування рухомих частин, водяна камера, дросель і зворотні клапани.

Застосовуваний на діючих подавальних апаратах пілігримових станів ТПА 5-12" механізм кантування гільзи дрільного типу не забезпечує стабільності кута кантування в результаті чого перекантування складає $110 \div 130^\circ$. Це призводить до погіршення якості зовнішньої поверхні труб, збільшенню поперечної різностінності і, як наслідок, до збільшення витрати металу.

В данній роботі розглянуті відомі механізми подачі подавального апарата і запропоновано його удосконалена конструкція для пілігримових станів ТПА 5-12" на ПАТ «Інтерпайп Нико Тьюб».

Основні особливості процесу гарячої прокатки труб на пілігримовому стані. Процес гарячої прокатки труб на пілігримовому стані характеризується наступними основними особливостями.

1. Переміщення гільзи до валків стана відбувається з одночасним обертанням (кантуванням) її навколо своєї осі. Це переміщення на практиці і в літературі носить назву накат.

2. Зворотний рух гільзи, що прокатується, під впливом валків стана відбувається без обертання гільзи. Це переміщення носить назву відкат.

3. Цикл руху гільзи «вперед – назад» повинен співпадати з періодом обертання валків на 360° . Таке співпадіння характеризує синхронізацію роботи подавального апарата і валків пілігримового стана.

4. Прокатка гільзи на пілігримовому стані поділяється на два періоди: початковий період формування пілігримової головки носить назву затравки і займає $0,05 \div 0,15$ чистого часу пильгування [1, с. 172]. Другий період – це період сталої прокатки.

5. Для маніпулювання гільзою при пілігримовій прокатці призначений подавальний апарат.

Спосіб пілігримової прокатки труб з гільз був вперше реалізований в Німеччині наприкінці XIX століття братами Райнхардом і Максом Маннесманн. Для подачі гільзи з дорном у валки був застосований простий важільно-кулісний механізм з ручною подачею і кантуванням гільзи. Пізніше кантування гільзи стали здійснювати за допомогою

кривошипно-шатунного механізму з приводом від прокатного валка. Сила накату гільзи створювалась або пружиною, або пневматичним циліндром. В патенті Германії [2] приведений більш сучасний механізм кантування гільзи у вигляді різьбового шпинделя, який несе на кінці гільзу, що прокатується, і з'єднаного з храповим колесом за допомогою гвинтової пари. В продовж багатьох років така конструкція механізму кантування удосконалювалась і до сьогоденного часу використовується на практиці. Різьбовий шпиндель стали називати дриллю, а зчленовану з нею гайку, вбудовану в поршень або плунжер повітряного циліндра, стали називати дрильною гайкою.

Головним кінематичним параметром кантувальної дрилі служить шаг h гвинтового різьблення на її зовнішній поверхні. Ємельяненко П. Т. [1, с. 354] визначає шаг різьблення, рівним чотирьом довжинам k робочої частини калібрів валків:

$$h = 4 \cdot k.$$

Вважається, що при такому шагі кантування гільзи буде відбуватися в середньому на кут 90° . Так як пілігримовий стан при прокатці всього сортаменту труб працює на одній дрилі, то очевидно, що довжини робочої частини калібру різні і різні довжини відкату труб різного діаметра. Тому шаг дрилі обирають середнім для всіх труб сортаменту стана.

Шлях відкату гільзи складається з двох складових: довжини робочої частини калібру і шляху гальмування рухомих частин з гільзою після виходу гільзи із контакту з валками. Тому завжди має місце розкид шляху відкату при прокатці кожної труби. Цей розкид віддзеркалюється на куті кантування гільзи при накаті.

На практиці кут кантування гільзи при накаті, як правило, перевищує кут кантування, кінематично обумовлений шагом різьблення дрилі, на $20 \div 30^\circ$. Вичерпне пояснення цьому явищу дано в статті [3]. Причиною перекантування гільзи при накаті признано накопичення кінетичної енергії обертання рухомих частин форголлера і гільзи в період розгону і відсутності достатнього моменту гальмування в період лінійного гальмування цих частин при накаті.

В роботах українських вчених В. Ф. Пешата і В. М. Лободи [4] розглянута динамічна задача механізму кантування плунжера подавального апарата у формі рівнянь Д'аламбера. Отримані вираження для розрахунку таких параметрів, що характеризують процес кантування, як: φ_1 – кут поворота плунжера з гільзою; φ_2 – кут поворота дрилі; x – поступальне переміщення плунжера. Автори проаналізували отримані вираження і показали, що якщо до дрилі

прикладати момент гальмування, який перевищує різницю між моментом, діючим на дріль зі сторони плунжера, що обертається по інерції, і моментом опору храпового механізму, то провертання дрилі не буде, тобто не буде перекантування плунжера з гільзою по інерції.

В роботах [5, 6] було запропоновано сповільнити (загальмувати) обертання по інерції в фазі гальмування рухомих частин форголлера при накаті шляхом прикладання момента гальмування не до дрилі, а до плунжера і використовувати для цього енергію гальмівної рідини, що витискається з камери гальмування, коли в неї входить уступ плунжера. Щоб струмінь гальмівної рідини створював момент гальмування, рідина по внутрішнім каналам плунжера спочатку відводиться від уступа паралельно осі плунжера, а потім повертається на 90° і по дотичній виводиться на поверхню в сторону кантування і поступає в водяний бак форголлера. З метою промислового випробування даного пристрою гальмування на одному з подавальних апаратів пілігримового стану 6-12" були виконані незначні конструктивні зміни. Зокрема, уступ плунжера був зменшений в діаметрі на 20 мм на довжині, яка перевищує довжину камери гальмування приблизно на 50 мм. На цій ділянці плунжера були профрезеровані три канавки глибиною 20 мм і шириною 30 мм під кутом 120° друг відносно друга. В кінці цих канавок під прямим кутом до них по дотичній були профрезеровані три поперечні канавки (рис. 1). Потім на цю ділянку плунжера була напресована обічайка, яка відновила діаметр плунжера. Таким чином канавки стали внутрішніми каналами плунжера, які з'єднують камеру гальмування з водяним баком форголлера.

Промислові випробування проведені при прокатці труб $\varnothing 178 \times 10$ зі сталі 32Г2. В канали, які з'єднують камеру гальмування з водяним баком, були встановлені два зворотні і один дросельний клапани. Спочатку всі клапани були повністю відкриті, що означало мінімізацію тиску в камері гальмування в період накату. Число обертів валків було 58 об/хв. Кут кантування гільзи склав $80 \div 85^\circ$. Помічено відкручування дорнкової головки зі штока повітряного циліндра. Коли зворотні клапани закривалися на половину, кут кантування змінився незначно і склав приблизно 90° . Відкручування дорнкової головки стало помітніше. По результатам випробувань зроблені наступні висновки:

1. Реактивний момент гальмування надмірно загальмовує обертальний рух плунжера з гільзою, що призводить до відкручування дорнкової головки. Необхідно конструктивно виключити можливість її відкручування з кінця плунжера або ніпеля.

2. Реактивний момент гальмування оказує вплив на час гальмування в сторону збільшення. Для збереження часу циклу

знадобилося збільшити початковий тиск повітря в робочому циліндрі з 0,4 МПа до 0,55 МПа.

3. Необхідно продовжити випробування в напрямку оптимізації реактивного моменту гальмування за рахунок кількості каналів і площі їх прохідного перетину, а також в напрямку регулювання кута кантування за рахунок регулювання тиску в камері гальмування.

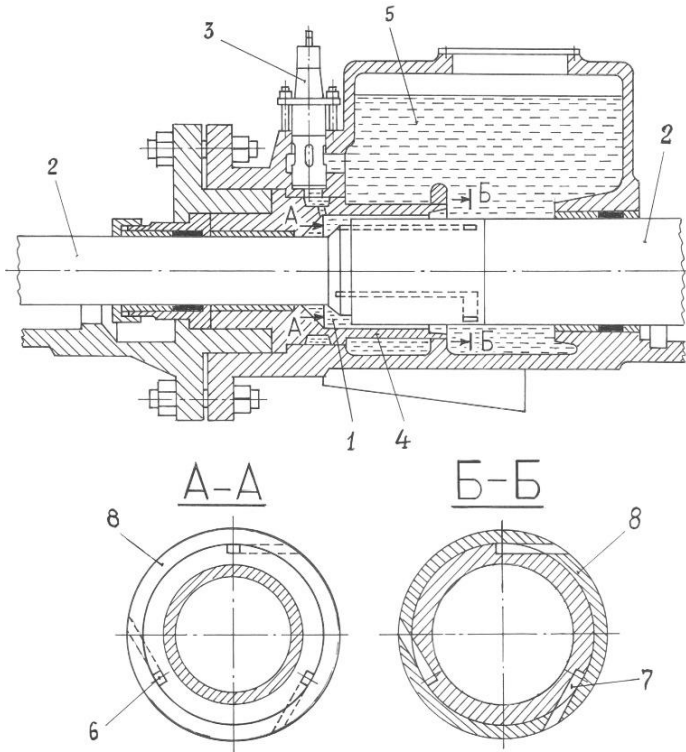


Рисунок 1 – Форголлер подавального апарата (фрагмент) з моментом гальмування, що створюється струменями гальмівної рідини: 1 – камера гальмування; 2 – плунжер (шпіндель); 3 – дросель; 4 – втулка гальмування; 5 – водяна камера; 6 – поздовжня канавка; 7 – поперечна канавка; 8 – обідчайка.

Питання о оптимальному куті кантування гільзи розглянутий українськими вченими О.А.Пляцковским і ін. в роботі [7]. 90° кантування гільзи при пілігримовій прокатці необхідно в період затравки і при прокатці квадратних штанг. Но при сталій прокатці труб 90° кантування, вважають автори, не є оптимальним. Вони відмічають,

що при куті кантування 90° і коефіцієнті полірування $K=3$ ділянки труби, котрі при першому циклі прокатки знаходяться в області зазорів між ребрами валків, поліруються круглою частиною калібрів всього один раз, так як через цикл вони знов потрапляють в зазори, а потім виходять з валків. Це несприятливо відображається на геометрії труб і якості їх поверхні, а також призводить до необхідності збільшення коефіцієнта полірування шляхом зменшення подачі, а відповідно – продуктивності стана.

Кут кантування 120° також неможна вважати оптимальним, так як при третій операції полірування ділянки потовщення потрапляють в пряму частину випуску калібру і не поліруються належним чином. По рекомендації О.А.Пляцковским і ін. [7] оптимальний кут кантування φ при коефіцієнті полірування $K \leq 3$ знаходиться в межах:

$$120^\circ - \frac{\alpha}{3} > \varphi > 90^\circ + \frac{\alpha}{3},$$

де α – кут поперечного випуску калібру.

Зазвичай приймають $\alpha = 36^\circ$, тому оптимальний кут кантування гільзи знаходиться в межах:

$$108^\circ > \varphi > 102^\circ.$$

Постановка задачі. В зв'язку з тим, що на існуючих в Україні пілігримових станах подавальні апарати не забезпечують стабільну величину кута кантування гільзи близького до 90° . Це приводить до зниження продуктивності, погіршення якості труб і, як наслідок, збільшення витрати метала. Тому ці питання є актуальними для модернізованих подавальних апаратів, які знаходяться в експлуатації в тому числі в Україні.

Задачею даної роботи є розгляд тенденцій розвитку механізмів кантування подавальних апаратів шляхом аналізу відомих технічних рішень і пропозиція нового рішення механізму кантування для подавального апарата, який знаходиться в експлуатації на пілігримовому агрегаті 5–12" на ПАТ «Інтерпайп Нико Тьюб».

Основна частина. Аналіз відомих технічних рішень механізмів кантування на подавальних апаратах. В патентній літературі відомий ряд технічних рішень механізму кантування гільзи при пілігримовій прокатці труб [8-14].

В рішенні [8] описаний механізм кантування, в якому поворот гільзи здійснюється двома пневоциліндрами на кут $\pm 45^\circ$. В сучасних швидкохідних подавальних апаратах пневмоциліндри недостатньо швидко спрацьовують, а кантування гільзи на 45° не забезпечує якості поверхні і геометрії труби.

В відомому рішенні [9] поворот гільзи здійснюється цапфою, яка взаємодіє з копірною напрямною. Такий механізм вузько спеціалізований, не виключає залежність кута кантування від шляху наката і не дає можливості регулювати кут кантування.

Згідно рішенню [10] кантувальна дріль постачена черв'ячним колесом, яке знаходиться в зачепленні з приводним плаваючим черв'яком, а храпове колесо жорстко закріплено на кантувальній дрilі. Даний механізм не виключає перекачування гільзи при накаті, не дозволяє регулювати кут кантування.

Згідно рішення [11] поворот гільзи здійснюється від храпового колеса, яке приводиться в рух повітряним циліндром, а храпове колесо взаємодіє з зубчатим колесом, яке передає обертання штанзі. Даний пристрій також не забезпечує швидкохідність і не регулює кут кантування.

Згідно рішення [12] поворот гільзи здійснюється поворотним диском, який взаємодіє з гнучким елементом, котрий своїми кінцями з'єднаний з приводним і гальмівним пневмоциліндрами. Даний пристрій має вищевказані недоліки.

В відомому рішенні [13] кантування гільзи здійснюється на укороченій дрilі, жорстко пов'язаній з додатковим повітряним циліндром. В цьому пристрої кут кантування залежить від ступеня стискання повітря в додатковому циліндрі, від витоків повітря і зносу ущільнення, відсутнє регулювання кута кантування гільзи при накаті.

Згідно технічному рішенню [14] контактуюча дріль при накаті переміщується до кліті разом з дрильною гайкою, яка вбудована в поршень повітряного циліндра. Це зменшує енергію зворотного руху рухомих частин форголлера, а відповідно – і кут перекачування гільзи. З іншого боку, зменшує кут кантування в період затравки, що збільшує час затравки і число ударів. Тут також відсутнє регулювання кута кантування.

В роботі [15], присвяченій обладнанню цехів з пілігримовими установками, описаний механізм для докантування гільзи під час затравки. Функція механізму полягає в тому, що в період наката дріль отримує обертання разом з гільзою і плунжером від окремого двигуна через храповий механізм, який під час робочого ходу, тобто при прокатці, не перешкоджає дрilі обертатися під дією дрильної гайки, вбудованої в поршень або в плунжер. Описаний механізм придатний

тільки для докантування гільзи при затравці, так як при сталому режимі прокатки кантувальна дріль не гальмується на прикінці ходу плунжера і відбувається перекантування гільзи.

В цій же книзі описаний пневматичний механізм кантування. В ньому поворот плунжера здійснюється зубчатим колесом, яке вільно сидить на шліцьовій гайці, в якій ковзає шток плунжера з прямими шліцями. Зубчате колесо отримує обертання від рейки, яка є штоком повітряного циліндра. В свою чергу зубчате колесо за допомогою храпового механізму пов'язано зі шліцьовою гайкою. Кантування здійснюється на кут, що відповідає ходу рейки-штока. На прикінці кантування шліцьова гайка гальмується гальмівним храповим механізмом. Випробування показали низьку надійність гальмівного храпового механізму і обмерзання в зимовий період розподільної системи пневмопривода.

В роботі [15] приведений гідралічний механізм кантування з двома ступенями свободи. В ньому використовується той же принцип повороту дрилі з плунжером і гільзою під час наката. Черв'ячне колесо встановлене на кінець дрилі за допомогою шліцьового з'єднання. В зачепленні з черв'ячним колесом знаходиться «плаваючий» черв'як. Останній з одного боку з'єднаний з електроприводом обертання, а з іншого боку має поршень в гідралічному циліндрі привода поступального переміщення черв'яка. При прокатці гільзи, тобто в період відката, черв'ячне колесо нерухоме, а черв'як безперервно обертається, тому він переміщується в сторону гідроциліндра. Причому, приход черв'яка в крайнє положення повинно співпадати з закінченням прокатки гільзи. В період наката черв'як швидко переміщується в сторону привода обертання під дією гідроциліндра і повертає черв'ячне колесо і плунжер з гільзою на кут 90° . Є колодкове гальмо, яке загальмовує дріль і черв'ячне колесо, що заставляє черв'як переміщуватися в сторону гідроциліндра, тобто в вихідне положення. Як бачимо з опису, конструкція складна, тому вона не знайшла застосування на виробництві.

Відомо технічне рішення фірм «Маннесманн – Демаг» (Німеччина) для примусового докантування гільзи [16]. Дріль кантує плунжер з гільзою на кут, завідома менший 90° , тим часом як додатковий пристрій, виконаний у вигляді черв'ячної пари з приводом, примусово докантовує плунжер з гільзою до кута $90^\circ \pm (5 \div 10^\circ)$. Пристрій працює також в період затравки гільзи, скорочуючи число ударів.

Нове технічне рішення механізму кантування подавального апарата. В роботі запропонований форголлер подавального апарата з дрільним механізмом кантування, який не потребує корінної реконструкції, в якому механізм кантування виконаний таким, що

дозволяє регулювати кут кантування як в період затравки гільзи, так і в період сталкої прокатки [17]. На рис. 2 показаний форголлер подавального апарата, що пропонується, в поздовжньому розрізі. На рис. 3 показана хвостова частина дрилі з елементами механізму кантування. На рис. 4 показаний розріз по А-А на рис. 3, а на рис. 5 – розріз Б-Б на рис. 3.

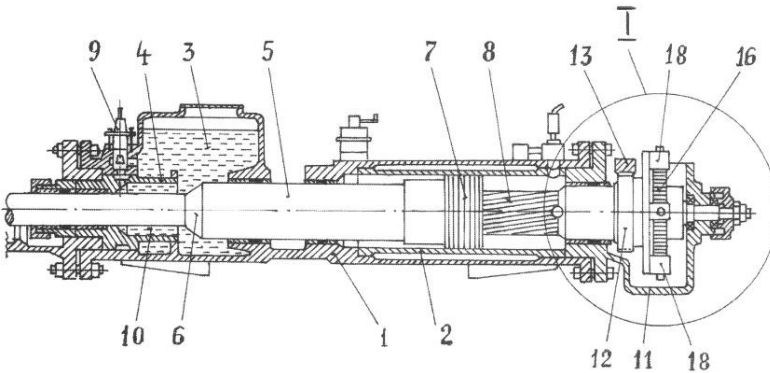


Рисунок 2 – Форголлер подавального апарата з механізмом регулювання кута кантування дрилі при затравці і при сталій прокатці гільзи: 1 – корпус; 2 – повітряний циліндр; 3 – водяна камера; 4 – втулка гальмування; 5 – плунжер (шпindelь); 6 – уступ плунжера; 7 – поршень; 8 – дріль; 9 – переливний клапан; 10 – гальмівна камера; 11 – кронштейн; 12 – зубчате колесо; 13 – зубчата рейка; 16 – храпове колесо; 18 – кармани.

Форголлер містить: корпус 1 зі вбудованим в нього пневматичним циліндром 2; водяну камеру 3 з втулкою гальмування 4; шпindelь (шток) 5 з уступом 6 і поршнем 7; дріль 8. В передній частині корпусу вмонтовані два переливних клапана 9. На передньому кінці шпинделя посаджені опорний барабан і дорнова головка з ніпелем, на рисунку не показані. Рухомий уступ 6 шпинделя 5 і втулка гальмування 4 утворюють камеру гальмування 10, коли уступ при накаті входить во втулку.

Дріль 8 має шліцьові пази, нарізані по гвинтовій лінії з шагом 4400 мм в напрямку «справа-нагору-вліво», тобто по правилу лівої різьби. Шліцьові пази дрилі контактують зі шліцьовими виступами дрильної гайки, жорстко закріпленої всередині поршня 7 (гайка на рис. не показана). До задньої частини корпусу 1 приєднаний кронштейн 11, котрий центрується в корпусі пояском і кріпиться фланцевими з'єднаннями. Кронштейн 11 служить опорою обертання для дрилі 8 і містить підшипниковий вузол для сприйняття осьових і радіальних навантажень зі сторони дрилі. На кінцевій частині дрилі всередині

кронштейна 11 встановлено на підшипнику ковзання зубчасте колесо 12 з можливістю обертання, яке знаходиться в зачепленні з зубчастою рейкою 13, яка приводиться в рух гідроциліндрами 14 і 15. На шліцьовому хвостовику дрилі поруч з зубчастою рейкою 12 посаджено храпове колесо 16 з можливістю передачі крутного моменту на дріль при обертанні проти годинникової стрілки, якщо дивитись по А-А або по Б-Б. храпове колесо 16 взаємодіє з підпружиненими собачками 17, які розташовані з можливістю радіального руху в карманах 18, жорстко пов'язаних з планшайбою 19, яка за допомогою болтового з'єднання жорстко пов'язана з зубчатим колесом 12. Встановлення двох гідроциліндрів: лівого 14 і правого 15 дозволяє зменшити діаметри циліндрів.

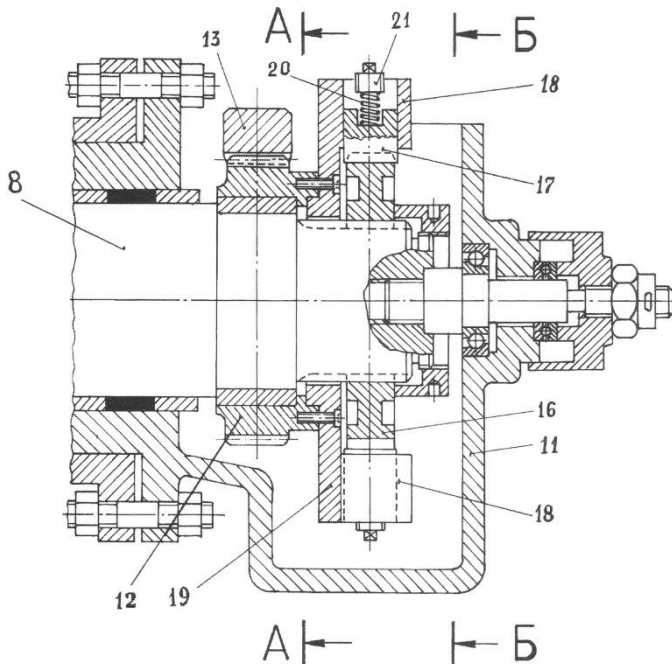


Рисунок 3 – Хвостова частина дрилі (місце I на рис. 2) з елементами механізму кантування: 8 – дріль; 11 – кронштейн; 12 – зубчасте колесо; 13 – зубчата рейка; 16 – храпове колесо; 17 – собачка; 18 – кармани; 19 – планшайба; 20 – пружина; 21 – різьбова пробка.

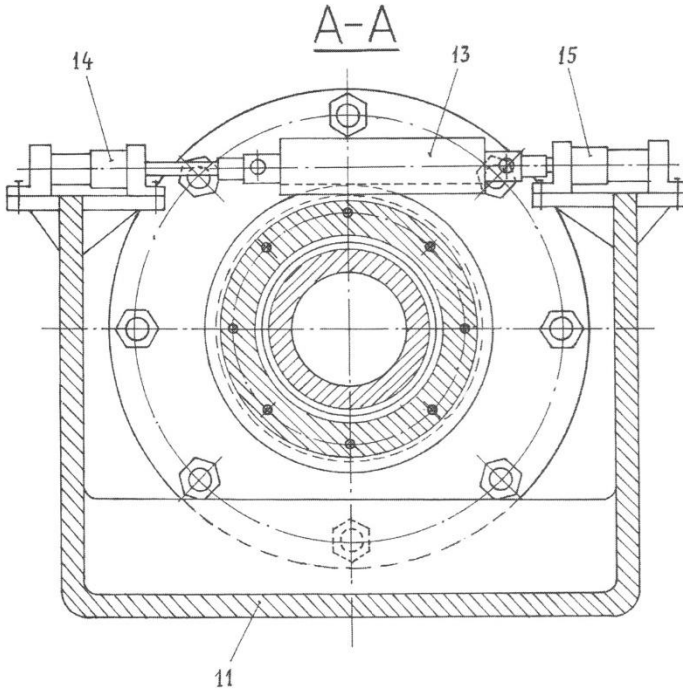


Рисунок 4. – Розріз по А-А на рис. 3: 1 – корпус; 13 – зубчата рейка; 14 – лівий гідроциліндр; 15 – правий гідроциліндр; 16 – храпове колесо; 18 – кармани; 19 – планшайба; 20 – пружина; 21 – різьбова пробка.

Собачки 17 притискаються до храпового колеса 16 пружинами 20, які опираються на різьбові пробки 21. Показані на рис. 5 чотири собачки працюють попарно. Одна пара, розташована на вертикальному діаметрі, знаходиться в робочому положенні – во впадинах зубців, а друга пара знаходиться на вершинах зубців – в півшага від впадини. Це дозволяє в 2 рази збільшити точність позиціонування храпового колеса, а відповідно, і дрилі. Наприклад, якщо на храповому колесі 36 зубців, то точність позиціонування однієї пари собачок дорівнює 10° . Якщо друга пара собачок повернута на півшага зубців, точність позиціонування храпового колеса дорівнює 5° . Якщо необхідна більш висока точність задання кута повороту дрилі, вводиться ще одна пара собачок. Тоді дві з трьох пар собачок зсуваються на $1/3$ шагу зубців храпового колеса друг відносно друга, рахуючи від першої пари.

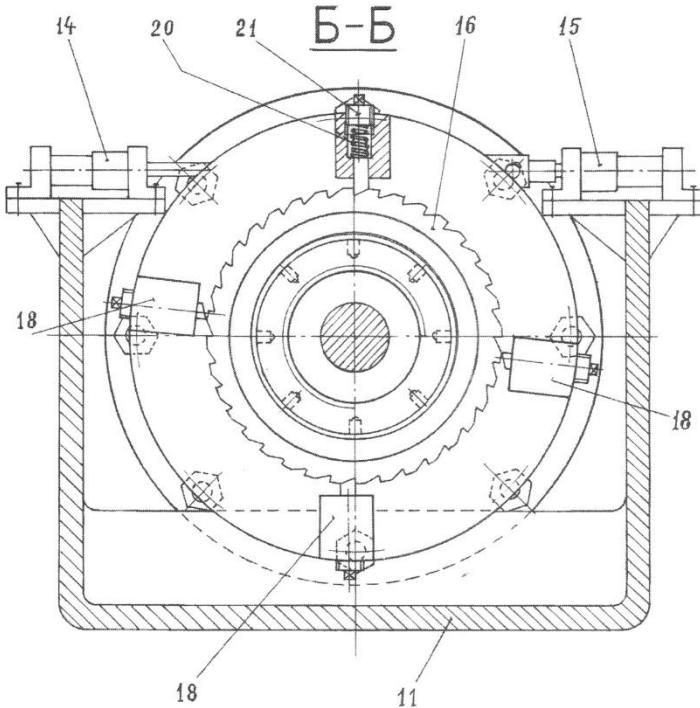


Рисунок 5 – Розріз по Б-Б на рис. 3: 1 – корпус; 14 – лівий гідроциліндр; 15 – правий гідроциліндр; 16 – храпове колесо; 18 – кармани; 20 – пружина; 21 – різьбова пробка.

Форголлер подавального апарата, що пропонується, працює наступним чином. Як відомо, прокатка труби з гільзи на пілігримовому стані починається з затравки гільзи. Перед початком затравки подавальний апарат із закріпленим в ньому форголлером знаходиться на максимальному віддаленні від прокатної кліті, а шпindel 5 з уступом 6 і поршнем 7 знаходиться в крайньому передньому положенні під дією стисненого повітря в поршневій порожнині повітряного циліндра 2. Примітка: на рис. 2 поршень не знаходиться в крайньому положенні. Шпindel нерухомий оскільки уступ 6 впирається в дно втулки гальмування 4. При цьому вода з камери гальмування 10 витискається в водяну камеру 3 крізь переливні клапани 9 і зазор між шпindelом 5 і втулкою гальмування 4. Дриль 8 контактує своєю кінцевою частиною з дрильною гайкою (на рис. 2 не показана), яка жорстко закріплена в поршні 7. Зубчата рейка 13 знаходиться в крайньому правому положенні, а дві собачки 17 знаходяться во

впадинах між зубцями в діаметрально протилежних точках і притискаються до храпового колеса 16 пружинами 20, знаходячись в карманах 18 планшайбі 19. Різьбовими пробками 21 відрегульована сила стискання кожної пружини, достатня для подолання сили тертя собачки в кармані і ваги собачки.

Оператор пілігримового стана задає величину ходу гідроциліндрів 14, 15 за допомогою рукоятки із задавальними потенціометрами, наприклад, на 10° гільзи по валкам. На кожний удар приходиться 36° кута поворота дрилі проти годинникової стрілки. Отже, хід S гідроциліндрів повинен бути заданим на величину, що визначається за рівнянням:

$$S = R_k \cdot \varphi,$$

де $R_k = D_k/2$ – радіус (діаметр) початкової окружності зубчатого колеса; φ – кут кантування, в рад.

Для визначення величини S кут кантування $\varphi = 36^\circ$ у радіанах буде дорівнювати $\varphi = 36^\circ \cdot (\pi/180) = 0,2 \cdot \pi$. Тоді, хід S гідроциліндрів буде дорівнювати:

$$S = R_k \cdot \varphi = \frac{0,685}{2} \cdot 0,2 \cdot \pi = 0,215 \text{ м}.$$

Далі оператор вмикає гідроциліндр подачі каретки вперед у напрямку до прокатної кліті, відбувається зустріч гільзи з валками, обтискання гільзи і її відкат. Під час відкату дріль обертається проти годинникової стрілки разом з храповим колесом. Собачки не перешкоджають обертанню дрилі. В момент закінчення по сигналу датчиків в роботу вступають гідроциліндри 14, 15, які приводять в рух зубчасту рейку 13, яка обертає зубчате колесо 12 проти годинникової стрілки на кут 36° (в якості прикладу). Як одне ціле із зубчатим колесом обертається планшайба 19, кармани 18, собачки 17, храпове колесо 16, дріль 8 разом з поршнем 7, шпинделем 5 і гільзою, що прокатується, в зборі з дорном, барабаном і дорновою головкою. Цей поворот (кантування) рухомих частин форголлера з гільзою відбувається за час їх наката до кліті.

Таким чином, при затравці гільзи за кожен оберт валків пілігримового стана зубчата рейка автоматично здійснює один подвійний хід: спочатку справа на ліво під час холостого ходу валків (наката), потім зліва на право під час прокатки гільзи (відката).

Відзначимо, що перед початком сталого періоду прокатки зубчата рейка знаходиться в правому положенні.

Період сталої прокатки гільзи відрізняється від періоду затравки тим, що для зменшення кута перекантування гільзи дріль необхідно повернути проти годинникової стрілки, якщо дивитися зі сторони хвостової частини. Щоб такий поворот зробити, необхідно щоб зубчата рейка знаходилась в правому положенні, що ми маємо по закінченню періоду затравки. Задаючи величину ходу рейки, можна регулювати кут поворота дрилі при накаті, а отже, і фактичний кут кантування. Правий і лівий гідроциліндри привода зубчатої рейки виконані як лінійні цифрові серводвигуни з керуванням від задавальних потенціометрів із пульта керування оператора пілігримового стану.

Оператор стану задає хід зубчатої рейки такий, щоб поворот дрилі при накаті в напрямку, протилежному перекантуванню гільзи, усував це перекантування повністю або частково, щоб потрапити в область оптимальних кутів кантування [7]. Припустимо, повний кут кантування гільзи, який фіксує оператор стану по приладу або візуально, дорівнює 120° . Він приймає рішення знизити кут кантування до оптимального 105° . Це означає, що дріль під час накату необхідно повернути на кут $\varphi = 120^\circ - 105^\circ = 15^\circ$ або $0,26$ рад в сторону, протилежну кантуванню гільзи. Для здійснення цього повороту зубчата рейка при ході справа на ліво повинна переміститися на величину:

$$S = R_K \cdot \varphi = \frac{0,685}{2} \cdot 0,26 \approx 0,089 \text{ м.}$$

Цей розрахунок повинен виконувати комп'ютер, в який оператор вводить величину кута повороту дрилі, і він же дає команду на хід рейки. В момент початку відкату надходить сигнал на повернення зубчатої рейки в вихідне праве положення, із якого починається новий цикл прокатки гільзи. Таким чином, при сталій прокатці гільзи за кожен оберт валків пілігримового стану зубчата рейка здійснює один подвійний хід: спочатку справа наліво під час накату, а потім зліва направо під час відкату.

Дрильний механізм кантування гільзи при пілігримовій прокатці труб від моменту виникнення до наших днів не зазнав серйозних змін, незважаючи на наявність великої кількості технічних рішень в патентній і науково-технічній літературі по його удосконаленню. Усунення основного недоліка дрильного механізму кантування – це відсутність регулювання кута кантування як при сталій прокатці, так і при затравці – так і залишилось в проєктах і не було доведено до впровадження у виробництво.

Ідея про те, щоб розділити два рухи: лінійне переміщення рухомих частин з гільзою і їх кантування при накаті, тобто зробити їх кінематично незалежними один від одного, висказувалася багато років тому назад. І тільки на початку 2000 років з'явився реальний промисловий подавальний апарат, в якому ця ідея була реалізована. Значний інтерес представляє подавальний апарат фірми ITWH (Industrie Technick Walzwerkanlagen Handel) [18].

На ТПА з пілігримовим агрегатом 8-16" (АТ «ЧТПЗ») у 2005-2006 р. освоєний новий подавальний апарат (рис. 6), постачений фірмою ITWH (Німеччина). Апарат складається з двох основних частин: форголлера і каретки. Корпус форголлера складається із чотирьох частин, з'єднаних болтами. Четверта (задня) частина містить шліцьовий вал, який служить продовженням штока, котрий на передньому кінці несе дорнотримач з дорном і гільзою. На шліцьовому валу посаджене сонячне зубчате колесо, яке знаходиться в зачепленні з двома ведучими шестернями, кожна з яких приводиться в обертання від гідромотора за допомогою універсального шпинделя.

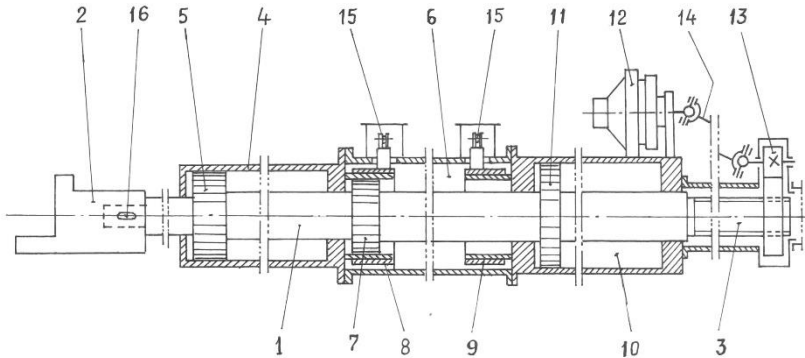


Рисунок 6 – Схема подавального апарата фірми ITWH (Німеччина): 1 – полий шток; 2 – дорнотримач; 3 – шліцьовий вал; 4 – напрямний циліндр; 5 – опорний барабан; 6 – гальмівна масляна камера; 7 – гальмівний поршень; 8, 9 – втулки гальмування; 10 – повітряний циліндр; 11 – поршень повітряного циліндра; 12 – гідромотори (два) привода кантування гільзи; 13 – зубчата передача; 14 – карданний вал; 15 – привод повороту обійми регулювання; 16 – клинове з'єднання.

Весь процес прокатки автоматизований, в тому числі і кантування гільзи на кут $90^{\circ} \pm 1^{\circ}$. Система керування виконує введення заданого значення, врахування і повідомлення о куті кантування, врахування обертів кантування. Всі параметри відкладаються в архіві даних прокатки.

В цьому подавальному апараті втілені самі останні досягнення техніки для його стійкої і високопродуктивної роботи.

Однак придбання такого подавального апарата потребує серйозного економічного обґрунтування в зв'язку з відсутністю нормального завантаження діючого пілґримового агрегата в Україні.

В умовах, що склалися, а також значній невизначеності в перспективі поліпшення роботи подавальних апаратів, які експлуатуються в Україні, необхідно вирішувати шляхом їх поступової модернізації. Приведені в даній роботі технічні рішення розширюють можливості використання найбільш раціонального рішення для модернізації механізму кантування подавального апарата.

Висновки

1. Особливістю гарячої пілґримової прокатки труб є необхідність кантування гільзи в кожному пільґерному циклі на кут близький до 90° , що забезпечується механізмом кантування подавального апарата.

2. Дрильний механізм кантування на діючих подавальних апаратах пілґримових станів ТПА 5-12" ПАТ «Інтерпайп Нико Тьюб» не забезпечує стабільності кута кантування, що призводить до погіршення якості зовнішньої поверхні труб і підвищеної поперечної різностінності, збільшуючи витрату металу.

3. Розглянуті особливості роботи дрильного механізму кантування подавального апарата пілґримового стану ТПА 5-12" і досліджено прикладання моменту гальмування до плунжера за рахунок використання енергії гальмівної рідини, яка витискається з камери гальмування, коли в неї входить уступ плунжера.

4. Результати дослідження дозволили окреслити ряд заходів для забезпечення стабільності кута кантування гільзи шляхом зміни механізму кантування.

5. Виконано огляд літературних джерел з питання використання різних механізмів кантування на подавальних апаратах. Найбільш сучасним є технічне рішення фірми «Маннесманн – Демаг» (Німеччина) для додаткового докантування гільзи до кута $90^\circ \pm (5 \div 10^\circ)$.

6. Запропоновано форґоллер подавального апарата з дрильним механізмом кантування, який не потребує корінної реконструкції, в якому механізм кантування дозволяє регулювати кут кантування як в період затравки гільзи, так і в період сталої прокатки.

7. Наведені в даній роботі технічні рішення розширюють можливості вибору найбільш раціональної конструкції механізму кантування для модернізації подавальних апаратів.

Перелік посилань

1. Емельяненко П. Т. Пильгерстаны. Харьков : ОНТИ НКТИ, 1937. 639 с.
2. Patentschrift № 91212 Kaiserliches Patentamt : Klasse 7a; Patentierte im Deutschen Reiche vom 22 oktober 1895 ab.
3. Улучшение параметров торможения подвижных масс при прокатке на пильгерстане / В. Д. Добряк, Б. Г. Павловский и др. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2004. №1. С. 37–40.
<https://www.metaljournal.com.ua/mgp-01-2004/>
4. Пешат В. Ф., Лобода В. М. Динамика механизма кантовки плунжера подающего аппарата пильгерстана. *Теория механизмов и машин : Республиканский межведомственный научно-технический сборник*. 1970. Вып. 9. С. 30-32.
5. Угрюмов Ю. Д., Добряк В. Д., Павловский Б. Г. Повышение точности толщины стенки труб на трубопрокатных агрегатах с пилигримовыми станами путем совершенствования подающих аппаратов. *Черная металлургия : Бюллетень НТИ «Черметинформация»*. 2009. Вып. 7. С. 71-77.
6. Подавальний апарат пілігримового стана : пат. 73552 Україна : МПК B21B21/04. №2002097465 ; заявл. 16.09.2002 ; опубл. 15.04.2004, Бюл. №4.
<https://base.nipo.gov.ua/searchbulletin/search.php?action=viewdetails&dbname=inv&IdClaim=15492>
7. Пляцковский О. А., Чернявский А. А., Соколовский Г. А. Определение рациональных углов кантовки гильзы при прокатке на установках с пилигримовым станом. *Черная металлургия : Бюллетень ЦНИИЧМ*. 1972. Вып. 15. С. 45-47.
8. А.с. 156916 СССР, МКИ B21 B21/04, B21 B21/06. Механизм кантовки гильз подающего аппарата пилигримовых станов / М.А. Шубик и Д.Я. Мотрий. № 754321/22-2 ; заявл. 06.12.1961 ; опубл. 25.09.1963, Бюл. №17.
<https://patents.su/2-156916-156916.html>
9. А.с. 171832 СССР, МКИ B21 B21/04, B21 B21/06. Механизм кантовки гильз подающего аппарата пильгерстанов / М.А. Шубик, Д.Я. Мотрий, Д.И. Бураков. № 894690/22-2 ; заявл. 13.04.1964 ; опубл. 22.06.1965, Бюл. №12.
<https://patents.su/2-171832-mekhanizm-kantovki-gilz-podayushhego-apparata-pilgerstanov.html>
10. А.с. 314567 СССР, МКИ B21 B21/06. Механизм кантовки подающего аппарата пилигримового стана / А.М. Иоффе и А.В. Праздников. № 1371563/22-2 ; заявл. 24.10.1969 ; опубл. 21.09.1971, Бюл. №28. <https://patents.su/3-314567-mekhanizm-kantovki-podayushhego-apparata-pilgrimovogo-stana.html>
11. А.с. 452942 СССР, МКИ B21 B21/06. Поворотное устройство пильгерстана / Йозеф Тот и Георги Римар. № 1672807/22-2 ; заявл. 21.06.1971 ; опубл. 05.12.1974, Бюл. №45. <https://patents.su/6-452942-povorotnoe-ustrojstvo-pilgerstana.html>
12. А.с. 498895 СССР, МКИ B21 B21/06. Механизм поворота подающего аппарата пилигримового стана / Георги Римар и Йозеф Тот. № 1683185/22-2 ; заявл. 19.07.1971 ; опубл. 05.01.1976, Бюл. №1. <https://patents.su/4-498895-mekhanizm-povorota-podayushhego-apparata-pilgrimovogo-stana.html>

13. А.с. 1174110 СССР, МКИ В21 В21/06. Подающий аппарат пилигримового стана / М. А. Шубик, О. В. Танцырев, А. М. Меньшиков и др. № 3713710/22-02 ; заявл. 23.03.1984 ; опубл. 23.08.1985, Бюл. №31. <https://patents.su/4-1174110-podayushhijj-apparat-piligrimovogo-stana.html>
14. А.с. 1443994 СССР, МКИ В21 В21/06. Подающий аппарат пилигримового стана / М. А. Шубик и Э. А. Ровинский. № 4249847/23-02 ; заявл. 27.05.1987 ; опубл. 15.12.1988, Бюл. №46. <https://patents.su/3-1443994-podayushhijj-apparat-piligrimovogo-stana.html>
15. Оборудование цехов с пилигримовыми трубопрокатными установками / С. Н. Кожевников, А. В. Праздников, А. М. Иоффе, Г. А. Бибик, В. Ф. Пешат ; под ред. С. Н. Кожевникова. Москва : Металлургия, 1974. 256 с.
16. Крупман Ю. Г., Лейбман И. Б., Кагарлицкий А. С. Технологические процессы, оборудование и информационно-управляющие системы, применяемые фирмой «Маннесманн – Демаг» (ФРГ) при прокатке труб на агрегатах с пилигримовым станом. *Черная металлургия : Бюллетень НТИ «Черметинформация»*. 1987. Вып. 10. С. 15-31.
17. Подавальний апарат пілігримового стана : пат. 129408 Україна : МПК В21В21/04, В21В21/06. №а202201674 ; заявл. 24.05.2022 ; опубл. 17.04.2025, Бюл. №16. <https://base.nipo.gov.ua/searchbulletin/search.php?action=viewdetails&dbname=invc&IdClaim=354334>
18. Добряк В. Д., Степаненко А. Н., Угрюмов Ю. Д. Тенденции развития подающих аппаратов пилигримовых станов. *Совершенствование производства стали, труб и железнодорожных колес* / под ред. А. Г. Величка, В. И. Большакова, В. Ф. Балакина. Днепропетровск : ЧМП «Экономика», 2015. С. 339 -357.

References

1. Emelyanenko, P. T. (1937). *Pilgerstany*. Harkov : ONTI NKTI. 639 s.
2. Patentschrift No. 91212 Kaiserliches Patentamt : Klasse 7a ; Patentiert im Deutschen Reiche vom 22 oktober 1895 ab.
3. Dobryak, V. D., Pavlovskij, B. G., Merezkhko, V. L., & Shifrin, E. I. (2004). Uluchshenie parametrov tormozheniya podvizhnyh mass pri prokatke na pilgerstane. *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost*, (1), 37–40. <https://www.metaljournal.com.ua/mgp-01-2004/>
4. Peshat, V. F., & Loboda V. M. (1970). Dinamika mehanizma kantovki plunzhera podayushhego apparata pilgerstana. *Teoriya mehanizmov i mashin : Respublikanskij mezhdedomstvennyj nauchno-tehnicheskij sbornik*, (9), 30-32.
5. Ugryumov, Yu. D., Dobryak, V. D., & Pavlovskij B. G. (2009). Povyshenie tochnosti tolshiny stenki trub na truboprokatnyh agregatah s piligrimovymi stanami putem sovershenstvovaniya podayushih apparatov. *Chernaya metallurgiya: Byulleten NTI "Chermetinformaciya"*, (7), 71-77.
6. Shifrin, Y. I., Nechayev, V. I., Krasnov, V. V., Dobryak, V. D., Petrinin, V. D., & Ermakovich, R. P. (2004). *Podavalnij aparat piligrimovogo stana*. (Patent 73552). Ukrapatent. <https://base.nipo.gov.ua/searchbulletin/search.php?action=viewdetails&dbname=invc&IdClaim=15492>

7. Plyackovskij, O. A., Chernyavskij, A. A., & Sokolovskij G. A. (1972). Opredelenie racionalnyh uglov kantovki gylzy pri prokatke na ustanovkah s piligrimovym stanom. *Chernaya metallurgiya:Byulleten CNIChM*, (15), 45-47.
8. Shubik, M. A. & Motrij, D. Ya. (1963). *Mehanizm kantovki gilz podayushhego apparata piligrimovyh stanov.* (A.s. No. 156916). Gosudarstvennyj komitet po delam izobretenij i otkrytij SSSR. <https://patents.su/2-156916-156916.html>
9. Shubik, M. A., Motrij, D. Ya., & Burakov, D. I. (1964). *Mehanizm kantovki gilz podayushhego apparata pilgerstanov.* (A.s. No. 171832). Gosudarstvennyj komitet po delam izobretenij i otkrytij SSSR. <https://patents.su/2-171832-mekhanizm-kantovki-gilz-podayushhego-apparata-pilgerstanov.html>
10. Ioffe, A. M., & Prazdnikov, A. V. (1969). *Mehanizm kantovki podayushhego apparata piligrimovogo stana.* (A.s. No. 314567). Komitet po delam izobretenij i otkrytij pri Sovete Ministrov SSSR. <https://patents.su/3-314567-mekhanizm-kantovki-podayushhego-apparata-piligrimovogo-stana.html>
11. Tot, J. & Rimar, G. (1972). *Povorotnoe ustrojstvo pilgerstana.* (A.s. No. 452942). Gosudarstvennyj komitet Soveta Ministrov SSSR po delam izobretenij i otkrytij. <https://patents.su/6-452942-povorotnoe-ustrojstvo-pilgerstana.html>
12. Rimar, G., & Tot, J. (1976). *Mehanizm povorota podayushhego apparata piligrimovogo stana.* (A.s. No. 498895). Gosudarstvennyj komitet Soveta Ministrov SSSR po delam izobretenij i otkrytij. <https://patents.su/4-498895-mekhanizm-povorota-podayushhego-apparata-piligrimovogo-stana.html>
13. Shubik, M. A., Tancyrev, O. V., Menshikov, A. M., Labendik, E. G., Ivahenko, A. S., Borzyh P. A., Sherbakova, V. N., Zelenyj, N. I., & Sedov, A. P.(1985). *Podayushij apparat piligrimovogo stana.* (A. s. No. 1174110). Gosudarstvennyj komitet SSSR po delam izobretenij i otkrytij. <https://patents.su/4-1174110-podayushhij-apparat-piligrimovogo-stana.html>
14. Shubik, M. A., & Rovinskij, E. A. (1988). *Podayushij apparat piligrimovogo stana.* (A. s. No. 1443994). Gosudarstvennyj komitet SSSR po delam izobretenij i otkrytij. <https://patents.su/3-1443994-podayushhij-apparat-piligrimovogo-stana.html>
15. Balakin, V. F., Stasevskij, S. L., Dobryak, V. D., Ugryumov, Yu. D. (2015). Sovershenstvovanie goryachej piligrimovoj prokatki za schet upravleniya zazorom mezhdu gilzoi i dornom. *Fundamentalnye i prikladnye problemy chernoj metallurgii*, 30, 245-259. Kozhevnikov, S. N., (Ed.). (1974). *Oborudovanie celov s piligrimovymi truboprokatnymi ustanovkami.* Moskva : Metallurgiya.
16. Krupman, Yu. G., Lejbman, I. B., & Kagarlickij A. S. (1987). Tehnologicheskie processy, oborudovanie i informacionno-upravlyayushie sistemy, primenyaemye firmoj "Mannesmann – Demag" (FRG) pri prokatke trub na agregatah s piligrimovym stanom. *Chernaya metallurgiya : Byulleten NTI "Chermetinformaciya"*, (10), 15-31.
17. Balakin, V.F., Dobryak, V.D., Ugryumov, Yu.D., Nikolayenko, Yu.M., & Stasevskij, S.L. (2025). *Podavalnyi aparat pilihrymovoho stana.* (Patent No. 129408). Ukrpatent. <https://base.nipo.gov.ua/searchbulletin/search.php?action=viewdetails&dbname=inv&IdClaim=354334>

18. Dobryak, V. D., Stepanenko, A. N., & Ugryumov, Yu. D. (2015). Tendencii razvitiya podayushih apparatov pilgrimovyh stanov. V. A. G. Velichka, V. I. Bolshakova, V. F. Balakina (Eds.). *Sovershenstvovanie proizvodstva stali, trub i zhelezodorozhnyh koles*. Dnepropetrovsk : ChMP "Ekonomika", pp. 339 -357.

V. D. Dobriak¹, Ph. D. (Tech.), Senior Engineer

Yu. D. Uhriumov¹, Ph. D. (Tech.), Senior Engineer

I. A. Mazur^{2,*}, Ph. D. (Tech.), Associate professor, ORCID 0000-0003-2177-7110

D. Yu. Uhriumov³, Technical Director

¹ SE "Ukrainian institute for designing iron and steel works"

² Ukrainian State University of Science and Technologies

³ LLC "Marine Survey Company"

*Corresponding author: i.a.mazur@ust.edu.ua

DEVELOPMENT TRENDS OF FEEDER TILTING MECHANISM IN HOT PILGRIM ROLLING

Abstract. Pipe rolling units with pilgrim mills produce seamless hot-rolled pipes of a wide range of sizes and grades. The process of hot pilgrim rolling of pipes continues to be in demand at present, primarily due to its versatility, as well as the ability to obtain thick-walled pipes of considerable length. In the process of pilgrim rolling, it is necessary to perform sleeve canting (rotation around its axis) at an angle close to 90° , which is provided by the canting mechanism of the feeder. Existing canting mechanisms on non-modernized feeders, including those in operation in Ukraine, do not ensure the stability of the canting angle of the sleeve in each pilgrim cycle of pilgrim rolling. As a result, the canting of the sleeve reaches $110^{\circ}\div 130^{\circ}$, which leads to the formation of defects on the outer surface of the pipes, an increase in the transverse wall difference and, as a result, to increased metal consumption. In this work, the task is to analyze the known mechanisms of tilting the feeder and to propose an improved design of the tilting mechanism. For tilting the sleeve in the process of pilgrim rolling, the most widespread is the drill mechanism of tilting the feeder. In practice, the angle of tilting the sleeve, as a rule, exceeds the angle of tilting, kinematically determined by the pitch of the drill, by $20^{\circ}\div 30^{\circ}$. The reason for this is the accumulation of kinetic energy of rotation of the moving parts of the forgoller and the sleeve during the acceleration period and the lack of sufficient braking torque during the linear braking of these parts when the sleeve rolls into the rolls of the pilgrim mill. The possibility of slowing down (braking) the rotation by inertia in the braking phase of the moving parts of the forgoller during rolling by applying a braking torque to the plunger and using for this purpose the energy of the brake fluid, which is squeezed out of the braking chamber when the plunger ledge enters it, is considered. Tests conducted in production showed the need to propose improvements to the drill tilting mechanism of the feeder of the $5\div 12$ " pipe rolling unit of PJSC "Interpipe Niko Tube". Based on the analysis of the operation of existing tilting mechanisms and research

conducted in production conditions on a 5–12" pipe rolling unit, a feeder fore-holler with a separate tilting mechanism was proposed, which does not require radical reconstruction and allows you to adjust the tilting angle both during the sleeve seeding period and during continuous rolling. The proposed technical solutions for improving the tilting mechanism of the feeder expand the possibilities of choosing the most rational design.

Key words: pilgrim machine, pipe, feeder, forgoller, tilting mechanism, plunger, sleeve, mandrel, mandrel shank, rolls, tilting angle, moving parts, drill, drill nut, ratchet wheel, gear rack, metal consumption, transverse wall difference.

For citation: Dobriak, V. D., Uhriumov, Yu. D., Mazur, I. A., & Uhriumov, D. Yu. (2025). Development trends of feeder tilting mechanism in hot pilgrim rolling. *Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy*, 39, 373-394. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2025-39-24>

Рукопис надійшов до редакції / Received 14.07.2025

Рекомендовано до друку / Accepted 21.10.2025