

В.И.Большаков, И.Б.Листопадов

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СТАБИЛИЗАЦИИ РЕЖИМА ПИЛИГРИМОВОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ

Целью работы является исследование особенностей стабилизации режима пилигримовой прокатки труб с монотонно увеличивающимся диаметром гильзы. Разработаны и исследованы способы корректировки режима прокатки путем внешних воздействий на пневмогидравлическую и гидромеханическую системы подающего аппарата и механизма подачи пилигримового стана. Предложены способы управления работой стана, обеспечивающие стабильный режим прокатки.

пилигримовый стан, подающий аппарат, механизм подачи, режим прокатки труб, корректировка режима прокатки, внешние воздействия.

Современное состояние вопроса. Прокатка труб на пилигримовых станах происходит при значениях подач, отличающихся во время прокатки одного типоразмера труб в 2–3 раза. Среднеквадратичное отклонение подач достигает 12–28%. Потери производительности при этом составляют около 10%; качество прокатываемых труб не отвечает современным требованиям к трубной продукции. Относительно низкое качество труб сдерживает развитие пилигримовой прокатки. Дефекты геометрии (разностенность, зажимы, пробоины, гармошка) и поверхности труб (закаты) возникают, как показано в работе [1], при чрезмерно большой и неравномерной подаче металла в валки пилигримового стана и большого осевого подпора со стороны воздушного цилиндра на прокатываемую гильзу.

Обобщение основных причин и направлений уменьшения неравномерности подачи, составленное по результатам натурных и модельных исследований оборудования пилигримовых станов с устройствами для стабилизации подачи, приведено в работах [2–5]. В работе [2] показано, что основной причиной неравномерности подачи являются переменные по длине прокатываемой гильзы амплитуда и частота колебаний каретки механизма подачи. Для стабилизации подачи предложено использовать гидравлические дозаторы. В работе [3] впервые экспериментально определены диапазоны и максимальные значения отклонений подач. Исследована работа гидросистемы механизма подачи в резонансных режимах, получены графические зависимости изменения частоты колебаний каретки от основных конструктивных параметров гидропривода механизма подачи. Для стабилизации подачи предложено использовать гидромеханические механизмы подачи.

В работе [4] приведены результаты сравнительного анализа основных направлений стабилизации подачи гильзы гидромеханическими

механизмами в валки пильгерстанов. Показано, что причиной нестабильности подачи являются изменяющиеся в процессе прокатки возмущения, вызывающие изменение скорости каретки. Отмечены перспективные направления снижения амплитуды колебаний каретки. В работе [5] приведены результаты анализа причин неравномерности подачи металла в валки. На основании обработки результатов экспериментальных исследований установлено, что одной из причин неравномерности подачи металла в валки пильгерстана является изменение положения (дрейф) подвижных масс подающего аппарата. Установлено наличие зон с аномально высоким разбросом подач. Эти зоны находятся на начальном и конечном участках гильзы и занимают 40–50% ее длины при прокатке начального и конечного участка трубы. Сделано предположение, что основной причиной дрейфа подвижных масс является увеличение диаметра прокатываемой гильзы.

Положения работы [5] получили развитие в работе [6]. Целью работы [6] является исследование нестабильных режимов прокатки на пилигримовом стане в условиях возможного развития аварийных режимов работы подающего аппарата. Приведены исследования влияния увеличения диаметра прокатываемой гильзы на кинематику работы подающего аппарата, результаты которых создают предпосылки для разработки системы управления подающим аппаратом при прокатке труб.

Установлено, что увеличение диаметра гильзы по мере прокатки приводит к изменению условий захвата гильзы валками и кинематики работы подающего аппарата. При увеличении диаметра гильзы изменяется режим работы подающего аппарата. Увеличиваются величина отката и величина отставания подвижных масс, величина осевого подпора, скорость встречи с валками. Если происходит одноразовое увеличение диаметра гильзы, то после изменения режима работы в соответствии с увеличением диаметра, прокатка продолжается в стабильном режиме с новыми параметрами. Каждое дискретное увеличение диаметра гильзы вызывает переход прокатки на новый режим с новыми параметрами работы подающего аппарата. При достижении предельных значений параметров ($X_{отк}=1,3\text{м}$; $U_{вст}>0,2\text{м/с}$; $P_{ос}>500\text{ кН}$; $a_T>70\text{м/с}^2$) требуется корректировка режима прокатки.

Индикаторами нестабильности прокатки являются перемещение каретки механизма подачи за один цикл прокатки (подачу) и положение подвижных масс в конце каждого цикла прокатки (величина отката, величина отставания подвижных масс от крайнего переднего положения). В качестве управляющих параметров целесообразно использовать изменение давления в пневмоприводе и прекращение перемещения каретки при прокатке.

Постановка задачи.

Анализ результатов исследований, связанных с изучением взаимодействия комплекса систем и механизмов пилигримового стана,

причин возникновения неравномерности подачи прокатываемой гильзы в валки стана, влияния неравномерности подачи на стабильность прокатки и появление дефектов труб, позволяет сформулировать основные направления исследований, необходимых для разработки способов управления механизмами пилигримового стана. Исследование влияния изменения параметров работы подающего аппарата при прокатке гильзы с увеличивающимся диаметром на величину подачи. Определение изменения величины подаваемого в валки металла с учетом подачи и величины отставания подвижных масс от крайнего переднего положения. Все исследования целесообразно проводить при прокатке труб 377мм x 8мм, параметры прокатки которых изменяются наиболее интенсивно при увеличении диаметра гильзы.

Изложение основных материалов исследования.

Для изучения механизма развития нестабильного процесса прокатки на разработанной авторами имитационной модели проведено исследование работы систем и механизмов подающего аппарата и механизма подачи при прокатке труб типоразмера 377мм x 8мм с заданными параметрами гильзы, калибровки рабочих валков и величины подачи гильзы к валкам. Модель позволяет исследовать работу подающего аппарата при изменении соотношения углов холостого и рабочего хода рабочих валков α_{xx}/α_{px} ; коэффициента вытяжки μ_n ; величины отката подвижных масс S ; угла полирующего участка калибра валков φ_n при изменении диаметра ΔD_2 прокатываемой гильзы. Модель адаптирована к условиям работы пилигримового стана эксплуатирующегося на пильгерстанах ТПЦ №4 ОАО «Интерпайп – НТЗ».

Исследования проводились при следующих параметрах трубы и калибровки валков (по вальцетабелю ТПЦ №4): размер готовой трубы 377x8; наружный диаметр гильзы $D_T=0,51$ м; диаметр дорна, $D_D=0,365$ м; угол холостого хода валков $\alpha_{xx}=180^\circ$; диаметр бочки валка $D_B=0,905$ м; диаметр калибра валка $D_K=0,385$ м; угол бойка $\varphi_6=68^\circ$; угол полирующего участка $\varphi_n=112^\circ$; угол участка продольного выпуска $\varphi_{пр.в}=22^\circ$; скорость вращения валков $n=52$ об/мин; полный откат $S=0,968$ м; катающий радиус $R_k=0,5(D_B-D_K)=0,26$ м; подача $h=0,022$ м. Значения требуемых параметров прокатки для раскатки заданной подачи при заданной частоте вращения валков определялись по формулам:

– коэффициент вытяжки $\mu_n = (D_2^2 - D_K^2) / 4S_n(D_{mp} - S_n) = 9,4$, где D_{mp} – диаметр трубы после пильгерования $D_{mp}=0,385$ м; S_n – толщина стенки трубы после пильгерования $S_n=0,009$ м;

– угол полирующего участка калибра валков $\varphi_n = Kh\mu / (R_{ид} - R_n)\omega_n = 115,6^\circ$, где K – коэффициент полировки, $K=2,8$; $R_{ид} = R_6 + 0,01$ м – идеальный радиус валка, где R_6 – радиус бочки валка, м; ω_n –

коэффициент опережения на полирующем участке калибра валков, $\omega_n=1,06-1,1$;

– угол рабочего хода $\alpha_{px} = \varphi_n + \varphi_6 = 183,6^\circ$;

– откат гильзы при прокатке $S_{np} = K \mu_n h / \omega_n + \varphi_6 R_k \omega_6 = 0,961m$, где ω_n – коэффициент опережения на полирующем участке; $\omega_6 = 1,35$ – коэффициент опережения на участке бойка.

Методика исследований работы комплекса механизмов пилигримового стана заключалась в следующем. В каждом цикле исследований в качестве начальных условий принимались штатные значения скорости прокатки Упр; начального давления воздуха в воздушной камере Рво; величины подачи h . Определялось значение угла поворота валков при прокатке – α_{px}° для конкретного варианта изменения диаметра гильзы; определялось $t_{px} = \alpha_{px}^\circ / 6n$, где n – число оборотов валков и соотношения $\alpha_{xx}^\circ / \alpha_{px}^\circ$ ($(360^\circ - \alpha_{px}^\circ) / \alpha_{px}^\circ$) и t_{xx} / t_{px} . Затем корректировались параметры системы управления цикличной работой модели. В уравнение управления параметрами прокатки и периодичностью действия сил [7] $Y = (1-K) + \text{Sin}(t_i \pm \Delta t) 2\pi n/60$ подставлялись значения K и Δt , определенные по графикам, приведенным на рис.1. Контрольными параметрами при настройке системы управления цикличной работой модели являлись время цикла и время поворота валков на угол рабочего хода, определяющее скажность импульсов.

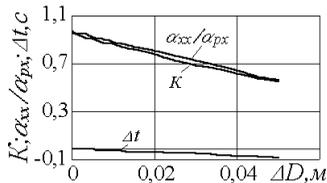


Рис.1-Зависимость параметров управления от ΔD

Исследовалось изменение параметров работы подающего аппарата, параметров прокатки и подачи металла в валки стана при использовании в каждом последующем варианте исследований в качестве начальных условий значений величины подачи и времени прокатки (имитация прокатки гильзы с непрерывно увеличивающимся диаметром). При исследованиях учитывалось влияние контактного трения между прокатываемой трубой и калибрами валков. Условие заключается в том, что если величина подачи гильзы в валки меньше заданной и при раскатке трубы полирующий участок калибра валков используется не полностью, то вследствие наличия контактного трения откат подвижных масс при прокатке принимается соответствующим углом поворота валков на 180° , т.е. на угол рабочего хода (α_{px}), заданного калибровкой валков в таблице прокатки. Методически, это явление учитывалось условием: «если $\alpha_{px} < 180^\circ$, то $\alpha_{px} = 180^\circ$ ».

Результаты исследований сведены в табл.1. В табл.1 приведены следующие параметры: P_{ϵ_0} – начальное давление воздуха в воздушной камере, МПа; ΔD – изменение диаметра гильзы, м; h – величина подачи ,

м; $X_{отк}$ – полная величина отката гильзы в цикле работы, м; ΔX – величина отставания подвижных масс от крайнего переднего положения при захвате металла валками, м; $P_{в}$ – максимальное давление воздуха в воздушной камере, МПа; $P_{ос}$ – максимальное значение осевого подпора, кН; $\Delta h = h - \Delta X$ – полученные в одном цикле прокатки разница величины подачи и величины отставания подвижных масс от крайнего переднего положения при захвате гильзы валками, м; h_k – величина подачи гильзы в валки стана откорректированная с учетом положения подвижных масс; α_{px}^0 – угол рабочего хода валков, градус; Snp – откат подвижных масс при прокатке, м; α_{xx}/α_{px} – отношение углов поворота холостого и рабочего хода валков; $\Delta\Delta X = \Delta X_i - X_{i+1}$ – изменение величины отставания подвижных масс в смежных циклах прокатки, м; t_p – время поворота валков на угол рабочего хода.

В таблице представлены 24 варианта исследований, в которых опробованы 4 способа управления подающим аппаратом и механизмом подачи. Варианты 1–8 – монотонное с шагом $\Delta D = 0,001$ м изменение диаметра гильзы до момента достижения подвижными массами максимального значения отката ($X_{отк} = 1,27$ м). Внешние управляющие воздействия не использовались. Анализ результатов исследований по вариантам 1–8 (таблица 1) показывает, что при увеличении диаметра гильзы в диапазоне $0 < \Delta D < 0,008$ м откат подвижных масс воздушного цилиндра Хотк. и величина осевого подпора $P_{ос}$ увеличивается практически линейно до критического значения ($X_{отк} = 1,3$ м), отставание подвижных масс воздушного цилиндра (ΔX) увеличивается по экспоненте, достигая значения 0,06 м при увеличении диаметра гильзы на 0,05 м.

На рис.2 приведены кривые изменения величины подачи (кривая h) и отставания подвижных масс воздушного цилиндра от крайнего переднего положения (кривая ΔX). Виден колебательный характер их изменения при прокатке трубы с увеличивающимся диаметром гильзы. Можно заметить, что установившийся режим работы подающего аппарата при увеличении диаметра гильзы более 0,007 м прекращается. Критическое значение величины отката, достигнутое при увеличении диаметра гильзы на $\Delta D = 0,008$ м, для стабилизации режима работы механизмов пилигримового стана требует корректировки режима прокатки, т.е. введения внешнего управляющего воздействия.

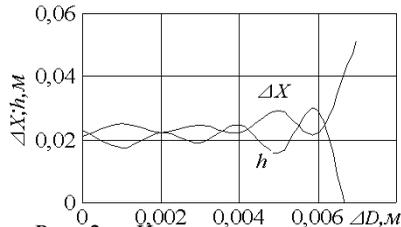


Рис. 2 – Изменение параметров ΔX и h при прокатке с увеличивающимся диаметром

Таблица. Параметры работы подающего аппарата при прокатке гильзы с монотонным увеличением диаметра гильзы и с корректировкой величины подачи

№ вар.	РВО, МПа	ΔD , м	h, м	Хотк, м	ΔX , м	Рв, МПа	Рос., кН	Δh , м	hk, м	α_{px}^o	S _{пр} , м	сх/ср	tp, с	$\Delta \Delta X$, м
1	0,45	0	0,02204	1,01	0,021	0,872	384	0,00104	0,02308	183,6	0,961	0,96	0,59	0
2	0,45	0,001	0,02158	1,05	0,0252	0,901	397	-0,00362	0,01738	190,3	0,992	0,89	0,61	-0,0042
3	0,45	0,002	0,0223	0,996	0,0223	0,861	379	0	0,0223	180	0,905	1	0,577	0,0104
4	0,45	0,003	0,02161	1,04	0,0248	0,895	395	-0,00319	0,01911	188,1	0,982	0,91	0,603	-0,0025
5	0,45	0,004	0,02216	0,996	0,0223	0,861	379	-0,00014	0,02466	180	0,905	1	0,577	0,0025
6	0,45	0,005	0,02256	1,12	0,0291	0,957	422	-0,00654	0,01576	202,9	1,052	0,774	0,65	-0,0068
7	0,45	0,006	0,02216	0,996	0,0223	0,861	379	-0,00014	0,02898	180	0,905	1	0,577	0,0068
8	0,45	0,007	0,0108	1,27	0,0513	1,1	485	-0,0405	-0,0182	229	1,175	0,57	0,73	-0,029
9	0,45	0,008	0	0,813	0,0093	0,746	329	-0,0093	0,0327	180	0,905	1	0,577	0,042
10	0,4	0,008	0	0,825	0,0167	0,669	295	-0,0167	0,0179	180	0,905	11	0,577	0,0346
11	0,45	0,009	0	0,937	0,0182	0,821	362	-0,0003	-0,0018	180	0,905	1	0,577	-0,0015
12	0,4	0,008	0	0,825	0,0167	0,669	295	-0,0167	0,0179	180	0,905	1	0,577	0,0346
13	0,45	0,009	0,02386	0,937	0,0182	0,821	362	0,0057	0,02806	180	0,905	1	0,577	-0,0015
14	0,45	0,01	0,02216	0,996	0,0223	0,861	379	-0,00014	0,01806	227	1,168	0,59	0,728	-0,0041
15	0,45	0,011	0,01082	1,26	0,0501	1,09	481	-0,03928	-0,049	180	0,905	1	0,577	-0,0278
16	0,4	0,012	0,0245	1,01	0,0287	0,772	340	-0,0042	0,0501					0,0214
17	0,4	0,012	0	1,01	0,0287	0,772	340	-0,0287	-0,0073	180	0,905	1	0,577	0,0214
18	0,45	0,013	0,0222	0,996	0,0222	0,861	379	0	0,0287	180	0,905	1	0,577	0,0065
19	0,45	0,013	0	0,996	0,0222	0,861	379	-0,0222	0,0065	180	0,905	1	0,577	0,0065
20	0,45	0,014	0,0222	0,996	0,0222	0,861	379	0	0,0222	198	1,029	0,82	0,635	0
21	0,45	0,015	0,0229	1,09	0,0274	0,934	412	-0,0045	0,0222	199	1,033	0,81	0,638	-0,0052
22	0,45	0,016	0,0228	1,1	0,0278	0,94	415	-0,005	0,0274	230,9	1,183	0,56	0,74	-0,0004
23	0,45	0,017	0,0082	1,29	0,0576	1,12	494	-0,0302	0,0086	180	0,905	1	0,577	-0,0298
24	0,45	0,018	0,0222	0,996	0,0222	0,861	379	0	0,0576	180	0,905	1	0,577	0,0354

. При исследовании работы пилигримового стана с параметрами по варианту 9 для корректировки режима прокатки использовалась остановка каретки механизма подачи на один цикл прокатки для уменьшения величины отката и восстановления стабильного процесса прокатки. Для учета предыстории развития процессов в системах пилигримового стана использованы результаты исследований работы стана по вариантам 1–8. Остановка каретки на один цикл прокатки в данном случае не приносит желаемого результата. При остановке каретки резко уменьшается (более чем на 0,04м) величина отставания подвижных масс, что приводит к значительному увеличению подачи металла в валки ($h_k=0,0327$ м). Такая величина подачи не раскатается в следующем цикле прокатки и может привести к дефектам трубы и перегрузке главной линии стана

При исследовании работы пилигримового стана с параметрами по вариантам 10–11 для корректировки режима прокатки использовалась остановка каретки механизма подачи с одновременным снижением в одном цикле прокатки начального давления воздуха в пневмоприводе подающего аппарата на 0,5МПа. Диаметр гильзы при прокатке по этим вариантам продолжал увеличиваться на $\Delta D_g = 0,008–0,009$ м. Видно, что отставание подвижных масс подающего аппарата (ΔX) в этих циклах прокатки не изменяется. Величина фактической подачи (h) имеет нулевое значение, что свидетельствует об отсутствии раскатки металла и возможной пробуксовке валков в последующем цикле прокатки, что является одним из видов потери устойчивости процесса пылегерования и приводит к образованию плен на поверхности трубы и пробойн. Такая корректировка свидетельствует о перерегулировании управления процессом прокатки.

При исследовании работы пилигримового стана с параметрами по вариантам 12–15 для корректировки режима прокатки использовалась остановка каретки механизма подачи на один цикл прокатки и уменьшение на один цикл прокатки давления воздуха на 0,5МПа (вариант 12), в дальнейшем, прокатка с заданной скоростью каретки, заданным давлением воздуха и монотонным увеличением диаметра гильзы.

На рис.3 приведены кривые изменения величины отставания подвижных масс (ΔX); подачи (h) и величины изменения отставания подвижных масс ($\Delta\Delta X$) при попытке стабилизации работы подающего аппарата за счет остановки каретки механизма подачи и уменьшения в одном цикле прокатки начального

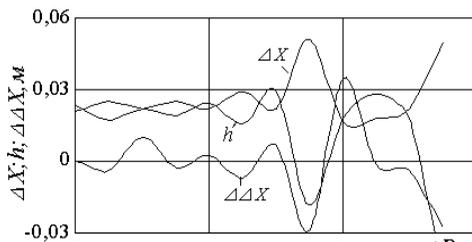


Рис. 3 – Корректировка режима прокатки за счет прекращения подачи и снижения давления воздуха в пневмоприводе в одном цикле прокатки

давления воздуха в воздушной камере подающего аппарата. Параметры работы подающего аппарата приведены в таблице, варианты 1–8 и 12–15. При этом изменение диаметра гильзы при прокатке по этим вариантам продолжало увеличиваться до $\Delta D_g = 0,011\text{м}$ (вариант 15 таблицы 1).

Кривые изменения параметров (рис.3) показывают, что управляющие воздействие, приведенное в варианте 12 таблицы 1 (уменьшение давления воздуха и остановка подачи в одном цикле при $\Delta D_g = 0,008\text{м}$) приводит к стабилизации режима прокатки (варианты 13–14). Дальнейшее увеличение диаметра гильзы ($\Delta D_g = 0,011\text{м}$) в варианте 15 вызывает очередное нарушение стабильности прокатки. В данной ситуации необходимо очередное управляющее воздействие.

При работе пилигримового стана с корректирующим воздействием только за счет уменьшения давления воздуха в пневмоприводе (вариант 16) уменьшило отставание подвижных масс и величину отката и устранило аварийную ситуацию. Вместе с тем, резкое уменьшение отставания подвижных масс без остановки механизма подачи увеличило фактическую величину подачи металла в валки, подготовив новую аварийную ситуацию. Такой вариант управляющего воздействия недостаточен для стабилизации работы стана.

Уменьшение давления воздуха и прекращение подачи в одном цикле рассмотрено в вариантах 16–18. Процесс прокатки по варианту 18, в котором работа комплекса механизмов происходит в штатном режиме, показывает, что величина фактической подачи вследствие управляющего воздействия (вариант 17) снижается недостаточно для стабильного процесса прокатки.

В исследованиях по варианту 19 управляющие воздействие проведенное в варианте 17 дополнено прекращением подачи еще в одном цикле прокатки. Такой способ управления позволяет вести стабильную прокатку до увеличения диаметра гильзы на $\Delta D_g = 0,018\text{м}$ (вариант 24).

В вариантах исследований 20–24 процесс прокатки производился без управляющих воздействий в штатном режиме с монотонным увеличением диаметра гильзы до $\Delta D_g = 0,018\text{м}$. Дальнейшее исследование не проводилось из-за повтора ситуаций.

На рис.4 приведены кривые изменения величины отставания подвижных масс (ΔX); подача (h_k) и величина изменения отставания подвижных масс ($\Delta \Delta X$) при управляющих воздействиях за счет уменьшения давления воздуха ($\Delta P_{во}$)

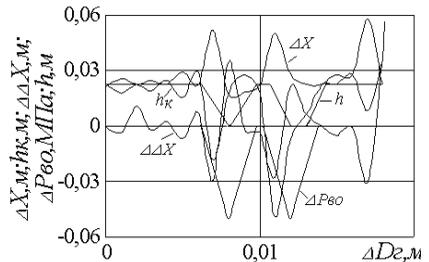


Рис. 4 – Стабилизация работы подающего аппарата при монотонном изменении диаметра гильзы до $\Delta D_g = 0,018\text{м}$

и прекращения подачи за счет остановки каретки механизма подачи (h) при прокатке с монотонно увеличивающимся диаметром гильзы до $\Delta D_g = 0,018\text{м}$. Кривые изменения параметров и управляющие воздействия построены по результатам исследований приведенных в таблице (варианты 1–8; 12–15; 17; 19–24), которые отображают непрерывный процесс прокатки участка гильзы длиной около 0,325м. Можно заметить, что с помощью управляющих воздействий можно стабилизировать процесс прокатки с монотонно увеличивающимся от цикла к циклу диаметром гильзы.

Заключение. Установлено, что использование полирующего участка калибра валков большего чем регламентированный участок при периодической раскатке гильзы с увеличивающимся диаметром, является причиной нестабильности прокатки.

Индикатором нестабильности прокатки является величина подачи (перемещения каретки за один оборот валков), превышающая на 25–30% заданную подачу и откат подвижных масс до критической значения (1,3м).

Стабилизация работы подающего аппарата возможна одновременным уменьшением давления воздуха в пневмоприводе на 10–12% и прекращением подачи (остановкой каретки механизма подачи). Длительность стабилизирующего воздействия составляет один цикл прокатки. Если после стабилизирующего воздействия величина отставания подвижных масс превышает заданную величину подачи, то необходимо продолжить время остановки каретки еще на один цикл. При этом давление воздуха в пневмоприводе имеет номинальное значение. Стабилизирующие воздействия только за счет уменьшения давления воздуха в пневмоприводе или только за счет остановки каретки недостаточно эффективны.

При прокатке с монотонно увеличивающимся диаметром гильзы необходимость стабилизирующего воздействия возникает через каждые 3–5 циклов прокатки, что соответствует натурным исследованиям, результаты которых опубликованы в работе [5].

Стабильный режим работы пильгерстана возможен при наличии оперативной информации о текущей величине диаметра гильзы, оперативного изменения скорости перемещения каретки (подачи) и поддержания постоянных значений угла рабочего хода валков и величины отставания подвижных масс воздушного цилиндра.

Таким образом, впервые в результате анализа экспериментальных данных и теоретических исследований установлены причины нестабильности прокатки при изменении диаметра гильзы. Разработаны методические основы обеспечения стабильного режима прокатки труб при изменении диаметра заготовки на основе которых может быть создана система автоматизированного управления режимом прокатки без вмешательства оператора. Выполнена детальная разработка и оценка

метода стабилизации прокатки труб при монотонном увеличении диаметра заготовки.

Результаты исследований открывают перспективу создания системы автоматизированного управления, обеспечивающей стабильную работу пильгерстана при различных отклонениях параметров заготовки.

1. *Виноградов А.Г.* Трубное производство/ – М.: Металлургия, 1981.– 344 с.
2. *Кожевников С.Н., Праздников А.В.* Динамика гидропривода механизма перемещения каретки подающего аппарата пильгерстана // Изв. вузов. Чер. металлургия. – № 8. – 1960. – С.170–194.
3. *Оборудование цехов с пилигримовыми трубопрокатными установками/ / С.Н.Кожевников, А.В.Праздников, А.М.Июффе и др.* – М.: Металлургия, 1974. – 256 с/
4. *Большаков В.И., Листопадов И.Б., Коноваленко К.В.* Анализ тенденций стабилизации подачи гильзы в валки пилигримового стана // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб. трудов ИЧМ. – Вып.18. – 2008. – С.266–275.
5. *Большаков В.И., Листопадов И.Б., Коноваленко К.В.* Особенности взаимодействия пневмогидравлических и гидромеханических систем тяжелых металлургических машин. // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб. трудов ИЧМ – Вып.17. – 2008. – С. 258–266.
6. *Большаков В.И., Листопадов И.Б.* Особенности работы подающего аппарата при нестабильной прокатке. // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб. трудов ИЧМ – Вып.20. – 2009. – С.300–309.
7. *Большаков В.И., Листопадов И.Б.* Особенности переходных процессов в электрогидромеханической системе периодического действия // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб. трудов ИЧМ – Вып.10. – 2005. – С.307–312.

*Статья рекомендована к печати
канд.техн.наук В.В.Веревым*

В.И. Большаков, І.Б.Листопадов

Дослідження особливостей стабілізації режиму пілігримової прокатки труб

Метою роботи є дослідження особливостей стабілізації режиму пілігримової прокатки гільзи, яка має діаметр що монотонно збільшується. Розроблено і досліджені способи коректування режиму п прокатування шляхом зовнішніх впливів на пневмогідравлічну і гидромеханічну системи подавального апарату і механізму подачі пілігримового стану. Запропоновано способи управління роботою стана, що забезпечують стабільний режим прокатування.