

Краматорский индустриальный институт

На правах рукописи

Рындяев Виктор Иванович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ И  
КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
НЕПРЕРЫВНЫХ ПРАВИЛЬНО-РАСТЯЖНЫХ МАШИН

Специальность 05.03.05 - Процессы и машины обработки давлением

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

КРАМАТОРСК - 1994

Диссертацией является рукопись  
Работа выполнена в Украинском научно-исследовательском институте  
металлургического машиностроения

Научный руководитель – кандидат технических наук, профессор  
Дунаевский В.И.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Горелик В.С.  
кандидат технических наук, доцент Морозов И.А.

Ведущее предприятие:

Артемовский концерн АЗОВ, г. Артемовск

Защита состоится 28 апреля 1994 года в 10 часов на заседании специализированного совета Д.068.01.01 в Краматорском индустриальном институте по адресу: 343916, г.Краматорск, Донецкая область, ул. Шкадинова, 76, индустриальный институт, зал заседаний.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Краматорского индустриального института.

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00801579 (U)

Автореферат разослан "24" марта 1994 года

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

Ученый секретарь  
специализированного совета Д.068.01.01.  
кандидат технических наук, доцент

А.В.Сатонин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Решение задач по расширению сортамента и повышению качества готовой металлопродукции неразрывно связано с широким техническим перевооружением металлургических предприятий на основе совершенствования действующих и промышленного освоения новых технологий и оборудования.

Применительно к производству тонкого полосового металлопроката одной из важнейших технологических операций является процесс правки, определяющий такой весьма существенный показатель качества, каким является плоскостность готовой металлопродукции.

В настоящее время, применительно к правке полос из целого ряда материалов, наиболее перспективным и экономически обоснованным является способ непрерывной правки растяжением с использованием многобарабанных правильно-растяжных машин с адаптивными системами трансмиссий.

Развитие современных методов исследования и возможности вычислительной техники позволяют повысить точность и достоверность математических моделей процесса правки растяжением и обеспечить разработку на их основе технологии с возможностью непосредственного прогнозирования результирующих показателей плоскостности обрабатываемого полосового проката. Кроме того, применение известных конструкций непрерывных правильно-растяжных машин для обработки полос на повышенных скоростях приводит к снижению их работоспособности. Отмеченное делает актуальным уточнение методик проектирования технологии правки растяжением и создание научно обоснованных методов прогнозирования плоскостности полос, а также разработку компоновочных и схемных решений механического оборудования правильно-растяжных агрегатов повышенной работоспособности.

**Цель работы:** разработка методик, рекомендаций и конструктивных решений, обеспечивающих повышение технико-экономических показателей промышленных условий эксплуатации непрерывных правильно-растяжных машин.

Общая методика выполнения работы включала теоретические и экспериментальные исследования, а также проектно-конструкторскую проработку механического оборудования непрерывных правильно-растяжных машин с адаптивными системами трансмиссий. В основу теоретического исследования положены методы теории упругости и пластичности, а также методы математической статистики. Экспери-

ментальные методы включали физическое моделирование в лабораторных условиях, исследование напряжений с использованием методов тензометрии, измерение энергосиловых параметров процесса и экспертную оценку качества готового металлопроката.

**Научная новизна.** На основе результатов теоретического и экспериментального исследования уточнены и расширены в области различных условий реализации методики определения напряженно-деформированного состояния металлов и сплавов при реализации процесса правки растяжением.

Разработан комплекс имитационных математических моделей, предоставляющих возможность непосредственного прогнозирования результирующих показателей плоскостности обрабатываемого металлопроката в статистическом аспекте.

Разработаны программные средства автоматизированного проектирования технологических режимов процесса правки растяжением, обеспечивающие получение требуемых значений показателей качества готовой продукции при минимальном уровне величины натяжения или относительного удлинения.

Разработаны рекомендации, направленные на повышение производительности и улучшение качества готовой металлопродукции при правке растяжением с применением непрерывных правильно-растяжных машин.

Разработаны и исследованы с точки зрения кинематического и силового анализа принципиально новые схемы непрерывных правильно-растяжных машин с адаптивными системами трансмиссий, основанных на применении несимметричных дифференциалов и обеспечивающих устойчивую работу агрегатов на высоких скоростях.

Разработаны рекомендации по совершенствованию, а также варианты конструктивного исполнения механического оборудования непрерывных правильно-растяжных машин с адаптивными системами трансмиссий, четыре из которых защищены авторскими свидетельствами.

**Практическая ценность.** Разработаны методики определения рациональных технологических параметров процесса правки растяжением, обеспечивающие получение полос с заданной плоскостностью и повышение выхода годной продукции.

Разработаны рекомендации по определению состава и конструктивному исполнению механического оборудования, позволяющие снизить его металлоемкость и улучшить технико-экономические показатели промышленной эксплуатации непрерывных правильно-растяжных

машин.

**Реализация работы в промышленности.** Результаты работы внедрены в УкрНИИметаллургмаше при проектировании непрерывной правильно-растяжной машины в составе агрегата термообработки ленты для Синарского трубного завода, непрерывной правильно-растяжной машины в составе агрегата обработки узких стальных лент для Нижегородского опытно-промышленного металлургического завода, на опытном производстве УкрНИИметаллургмаш в виде опытной установки правки, а также при производстве опытно-промышленной партии тонкого полосового проката.

**Экономический эффект** от внедрения результатов работы в УкрНИИметаллургмаше составил 182 тыс. руб. в год в ценах на начало 1991 года и был получен за счет снижения трудоемкости проектно-конструкторских работ, повышения производительности, снижения текущих издержек и увеличения коэффициента выхода годного.

**Апробация работы.** Материалы диссертационной работы доложены на научно-технических советах ВНИИМЕТМАШ (г.Москва, 1988-1990 гг.), научно-технических конференциях молодых ученых и специалистов (г.Славянск, 1985-1992 гг.), научно-технических советах УкрНИИметаллургмаш (1985-1992 гг.), научно-техническом совете Синарского трубного завода (г.Каменец-Уральский, 1987 г.), научно-техническом совете Нижегородского опытно-промышленного металлургического завода (г.Нижний Новгород, 1986 г.), научно-техническом совете Кольчугинского завода ОЦМ (г.Кольчугино, 1987 г.).

**Публикации.** Основное содержание работы опубликовано в 2 статьях и 4 авторских свидетельствах на изобретения.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти разделов и общих выводов. Основное содержание работы изложено на 120 страницах машинописного текста, 59 рисунках. Список использованных источников содержит 69 наименований, приложения представлены на 59 страницах.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

# I. Технологические режимы и конструктивные особенности механического оборудования для непрерывной правки тонких холоднокатаных полос растяжением (состояние вопроса)

Дальнейшее развитие многих отраслей промышленности неразрывно связано с необходимостью повышения качества тонкого холоднокатаного проката.

Основными показателями качества тонких холоднокатаных листов и полос являются точность геометрических характеристик, механические свойства, качество поверхности и степень плоскостности. Требуемые значения этих показателей могут быть получены непосредственно в процессе прокатки или путем дополнительных операций, включаемых в технологический процесс прокатного производства. Одной из таких технологических операций, предназначенных для достижения заданной плоскостности и исправления дефектов формы плоского проката, является правка, осуществляемая по различным технологическим схемам.

При производстве тонких холоднокатаных полос из материалов с отношением предела прочности к пределу текучести более 1,2 в ряде случаев эффективным является применение процесса непрерывной правки растяжением с использованием многобарабанных правильно-растяжных машин с адаптивными системами трансмиссий. Реализация вышеназванного процесса позволяет интенсифицировать технологические режимы, улучшить качество готовой продукции и усовершенствовать механическое оборудование агрегатов непрерывной отделки металлопроката.

В настоящее время процесс правки растяжением изучен достаточно полно в работах Целикова А.И., Мошнина Е.Н., Слонима А.З., Химича Г.Л., Дунаевского В.И. и др. с точки зрения создания основ проектирования механического оборудования и разработки инженерных методик определения энергосиловых параметров процесса.

Дальнейшее повышение эффективности промышленной реализации процесса непрерывной правки растяжением неразрывно связано со всесторонними исследованиями его особенностей, разработкой комплексных математических моделей и совершенствованием технологических параметров и механического оборудования, обеспечивающих требуемые показатели качества при обработке тонких полос.

Отмеченное выше определило цель настоящей работы и необходимость решения следующих основных задач:

- совершенствование методики проектирования технологических режимов процесса правки растяжением;
- разработка программных средств автоматизированного проектирования технологических режимов процесса правки растяжением;
- разработка компоновочных и схемных решений механического оборудования правильно-растяжных агрегатов;
- кинематико-силовой анализ натяжных устройств непрерывных правильно-растяжных машин;
- создание и промышленное освоение технологии и механического оборудования для непрерывной правки растяжением тонких холоднокатаных полос.

## 2. Математическое моделирование и разработка программных средств автоматизированного расчета и проектирования технологических режимов процесса правки растяжением

В соответствии с основными тенденциями совершенствования методов расчета процессов правки в основу предложенных математических моделей процесса правки растяжением было положено численное рекуррентное решение конечно-разностной формы условия статического равновесия выделенного элементарного объема металла в зоне его упругого или упруго-пластического формоизменения. Используемая в этом случае расчетная схема процесса включает заготовку в исходном состоянии, непосредственно процесс правки растяжением и последующую упругую разгрузку, характеризующуюся результирующими показателями плоскостности, распределениями механических свойств и остаточных напряжений.

В соответствии с данной схемой полосу разбивали на конечное множество элементарных объемов. При этом каждый отдельный выделенный элементарный объем может быть охарактеризован продольными составляющими относительных деформаций растяжения или сжатия, а также соответствующими им нормальными напряжениями.

Деформацию каждого отдельного элементарного объема определяют в зависимости от его геометрической координаты через соответствующие значения исходной и результирующей кривизны, функционально связанные с исходными и результирующими показателями плоскостности, а также через значение кривизны деформации среднего

слоя.

Определение нормальных напряжений  $\sigma_{ij}$  в зависимости от показателя степени деформации  $\varepsilon_{ij}$  осуществляли на основе известных из предыдущего цикла нагружения значений остаточных деформаций и пределов текучести, учитывая реальный закон упрочнения обрабатываемого материала в условиях горячего или холодного деформирования. Изгибающий момент  $M_{ij}$  и натяжение  $T_{ij}$  вычисляли путем численного интегрирования получаемой эпюры напряжений:

$$T_{ij} = h \sum_{i=1}^{K_{\theta}} \sigma_{ij} \Delta \theta; \quad M_{ij} = h \sum_{i=1}^{K_{\theta}} \sigma_{ij} Z_i \Delta \theta; \quad (I)$$

где  $h$  - толщина обрабатываемой полосы;

$ij$  - порядковые номера элементарных объемов и цикла нагружения;

$K_{\theta}$ ,  $\Delta \theta$  - общее количество и шаг разбиения полосы по ее ширине, используемые при анализе процесса правки таких дефектов, какими являются серповидность, волнистость или коробоватость.

При анализе процесса правки продольной кривизны разбиение полосы осуществляли по ее толщине, используя в дальнейшем зависимости, аналогичные (I).

Окончательное определение таких результирующих показателей плоскостности как серповидность, продольная кривизна, коробоватость или волнистость, а также окончательное определение распределения остаточных деформаций и напряжений осуществляли на основе направленных итерационных процедур, используя в качестве варьируемых параметров деформацию среднего слоя и результирующий показатель кривизны.

На основе результатов численной реализации полученных программных средств установлено, что с увеличением приведенной величины усилия натяжения или температуры нагрева соотношение результирующей и исходной кривизны полосы снижается. Снижение соотношения результирующей кривизны и исходной имеет место также и в случае правки более широких полос, а также в случае более высоких значений исходной кривизны. При правке продольной кривизны требуемая величина приведенного усилия уменьшается по мере увеличения толщины обрабатываемой полосы. Законы распределения остаточных напряжений по ширине и толщине полосы носят сложный немонотонный характер, а это подтверждает необходимость учета всех факторов,

свойственных процессу правки растяжением.

Исходя из условия обеспечения требуемого качества готовой металлопродукции, с использованием детерминированных математических моделей в качестве целевой функции сформулирована и решена в виде комплекса программных средств задача по автоматизированному проектированию технологических режимов процесса правки растяжением. При этом в качестве критерия оптимальности было принято условие обеспечения требуемых показателей качества готового металлопроката. В результате численной реализации указанных выше программных средств установлено, что величина требуемых приведенных значений растягивающих усилий  $T_I / (hb\sigma_{To})$  находится в диапазоне 0,6...0,95, где меньшие значения указанного диапазона при правке серповидности, волнистости или коробоватости соответствуют деформации более широких полос из менее прочных материалов.

Полученные результаты использованы при выборе исходных данных и проектировании технологических режимов работы конкретного механического оборудования специализированного агрегата по обработке узких стальных лент 0,6...1,4x10...50.

Полученные математические модели, в соответствии с общей стратегией метода Монте-Карло, составили комплекс программных средств по имитационному математическому моделированию процесса правки растяжением, что, в свою очередь, позволило учесть на теоретическом уровне вероятностный характер изменения всего комплекса исходных параметров при одновременном обеспечении возможности непосредственного прогнозирования размаха и характера стохастического изменения энергосиловых характеристик и результирующих показателей плоскостности. Количественно установлено, что в случае реализации процесса правки по условию постоянства вытяжки размах изменения и максимальные уровни результирующих показателей плоскостности на 23...40% ниже, чем при реализации того же процесса по условию заданной интегральной величины усилия растяжения. Сформулированы научно обоснованные требования к точности поддержания постоянства управляемых параметров, получены исходные данные применительно к оценке надежности работы механического оборудования правильно-растяжных агрегатов.

Адекватность математических моделей реальному процессу подтверждена результатами экспериментальных исследований процесса правки растяжением, проведенных в лабораторных и промышленных условиях.

Отмеченное позволило использовать полученную методику при выборе рациональных конструктивных и технологических параметров ряда промышленных агрегатов отделки полосового проката.

### 3. Создание, исследование и совершенствование механического оборудования для реализации процесса правки растяжением

Применительно к агрегатам отделки непрерывного действия на основе результатов теоретического исследования процесса правки растяжением и проектно-конструкторской проработки разработаны принципиально новые схемы непрерывных правильно-растяжных машин с адаптивными системами трансмиссий, основанные на применении несимметричных дифференциалов.

В соответствии с решением поставленных задач предложена схема непрерывной правильно-растяжной машины с двухбарабанными натяжными станциями (рис.1). Пара барабанов с несимметричным дифференциалом и зубчатой передачей представляет собой одnodифференциальный адаптивный контур, в котором обеспечивается постоянство соотношения моментов на барабанах при самонастройке скоростей последних. Необходимое для правки удлинение получают за счет разности скоростей натяжных барабанных станций при помощи регулируемого привода тянущей станции.

В разработанной схеме непрерывной правильно-растяжной машины с четырехбарабанными натяжными станциями связи барабанов аналогичны связи двухбарабанного контура, а пары барабанов соединены в свою очередь своими несимметричными дифференциалами.

Разработана схема непрерывной правильно-растяжной машины с нечетным числом барабанов в каждой натяжной станции. В основу данной схемы положено последовательное соединение несимметричных дифференциалов друг с другом, что в свою очередь позволило повысить степень универсальности за счет обеспечения возможности применения для натяжных станций как с четным, так и с нечетным числом барабанов.

Предложенные схемы позволяют использовать их в агрегатах с повышенной скоростью обработки, т.к. достигнуто минимальное обкатывание зубчатых колес в дифференциальных механизмах, сокращается вдвое количество дифференциалов по сравнению с известными схемами при одновременном снижении металлоемкости оборудования на 50%.

Схема непрерывной правильно-растяжной машины с  
двухбарабанными натяжными станциями

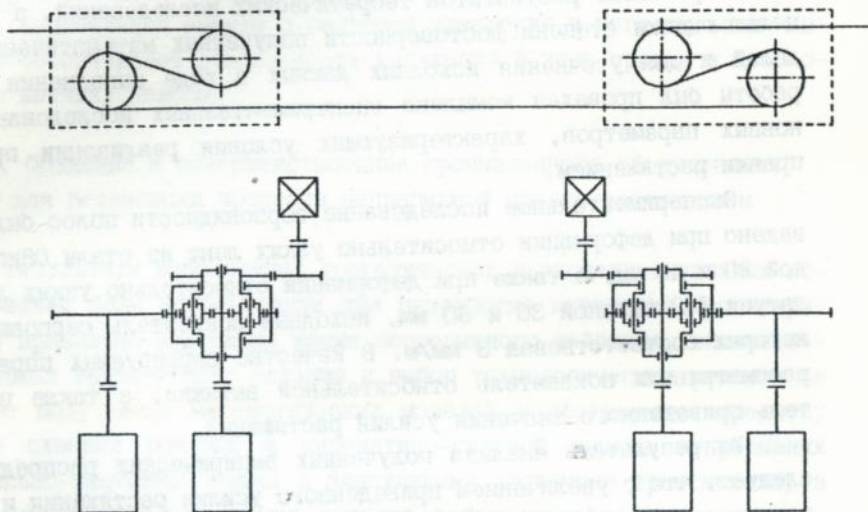


Рис. 1

На основе результатов теоретического исследования разработана методика расчета кинематических и энергосиловых параметров работы адаптивных приводов новой конструкции в двух-, трех- и четырехбарабанном исполнении. Получены зависимости, отражающие функциональные связи между вытяжкой, натяжением и угловыми скоростями вращения электродвигателей, что в сочетании с математическими моделями процесса правки растяжением позволяет использовать их как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации электроприводов правильно-растяжных машин.

На основе результатов дальнейшей конкретизации предложены рекомендации по совершенствованию конструктивных исполнений адаптивных приводов агрегатов правки растяжением. Использование предложенных технических решений будет способствовать дальнейшему расширению технологических возможностей, снижению удельной металлоемкости и повышению надежности работы механического оборудования правильно-растяжных машин.

#### 4. Экспериментальное исследование технологических режимов и конструктивных особенностей механического оборудования при реализации процесса правки растяжением

В развитие результатов теоретических исследований, а также с целью оценки степени достоверности полученных математических моделей и для уточнения исходных данных в ходе выполнения данной работы был проведен комплекс экспериментальных исследований основных параметров, характеризующих условия реализации процесса правки растяжением.

Экспериментальное исследование серповидности полос было проведено при деформации относительно узких лент из стали 08кп шириной 20 и 40 мм, а также при деформации относительно узких лент из латуни Л63 шириной 30 и 60 мм, исходный показатель серповидности которых соответствовал 3 мм/м. В качестве варьируемых параметров рассматривали показатель относительной вытяжки, а также показатель приведенного значения усилия растяжения.

Из результата анализа полученных эмпирических распределений следует, что с увеличением приведенного усилия растяжения и показателя относительной вытяжки результирующая серповидность снижается и в абсолютном, и в относительном измерениях. При этом с увеличением ширины, а также с уменьшением предела текучести материала обрабатываемых лент интенсивность рассматриваемого снижения результирующего показателя серповидности возрастает. Отмеченное качественно полностью соответствует результатам аналогичных теоретических исследований, т.е. результатам численной реализации полученных ранее математических моделей и соответствующих им программных средств.

Количественно максимальный уровень относительной погрешности при сопоставлении расчетных и эмпирических значений не превысил  $\pm 7\%$  у стальных и  $\pm 12,5\%$  у латунных полос. Все это, а также полученные в результате статистической обработки средние выборочные значения и значения доверительных интервалов подтверждают достаточную степень достоверности полученных детерминированных математических моделей, а это, в свою очередь, свидетельствует о возможности их широкого использования для решения задач, связанных с совершенствованием технологических режимов и конструктивных параметров процесса правки растяжением.

В результате исследования новой конструкции непрерывной пра-

вильно-растяжной машины установлено, что при изменении суммарного момента на барабанах и их скоростей поддерживается необходимое соотношение моментов и производится самонастройка адаптивного контура. При этом создается межбарабанное натяжение полосы. Кроме того, конструкция машины с системой измерения и регулирования вытяжки обеспечивает стабильность натяжения в зоне правки и необходимую вытяжку полосы.

##### 5. Создание и совершенствование промышленного оборудования для реализации процесса непрерывной правки растяжением

Результаты выполненных теоретических и экспериментальных исследований были использованы при разработке алгоритма проектирования правильно-растяжных машин непрерывного действия, включающего анализ технического задания и выбор технологических режимов на основе полученных математических моделей и программных средств, выбор схемных решений и кинематико-силовой анализ непрерывных правильно-растяжных машин с адаптивными системами трансмиссий, а также критериальную оценку условия работоспособности и технико-экономические показатели проектируемого оборудования.

Данный алгоритм был использован при проектировании промышленных агрегатов по обработке узких стальных лент для Нижегородского опытно-промышленного металлургического завода и агрегата термообработки лент для Синарского трубного завода, в частности, при разработке новой конструкции непрерывной правильно-растяжной машины с адаптивной системой. Особенностью этих агрегатов является оснащение их высокоэффективным правильным оборудованием с применением дифференциальных устройств, надежно работающих на повышенных скоростях.

Кроме того, одним из возможных технических решений по дальнейшему расширению номенклатуры правильно-растяжных агрегатов, не связанных с созданием нового оборудования и, как следствие, реализуемых в кратчайшие сроки при минимальных удельных капитальных затратах, является использование действующих станов холодной прокатки. Непосредственно процесс непрерывной правки растяжением в этом случае может быть осуществлен в рабочих клетях прокатного стана при межвалковом зазоре, превышающем толщину обрабатываемой полосы. Непосредственно натяжение полосы может быть создано соответствующими моталками, а собственно усилие растяжения - за счет

фрикционного взаимодействия полосы и рабочих валков на дугах охвата, имеющих место при S-образной задаче полосы в рабочую клеть. Разработанные новые конструкции рабочих клеток с адаптивной системой трансмиссии используются в качестве натяжных станций. Применение этих разработок позволит более полно использовать технологические возможности прокатного и отделочного оборудования.

#### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Высокий уровень одного из основных показателей качества - плоскостности холоднокатаных листов и полос может быть обеспечен за счет широкого промышленного освоения процесса правки растяжением с применением непрерывных правильно-растяжных машин с адаптивными системами трансмиссий.
2. В соответствии с решением поставленных задач исследованы и получили количественные описания текущие и интегральные показатели напряженно-деформированного состояния материала листов и полос при реализации процесса правки растяжением. Использование соответствующих методик позволило в полной мере учесть особенности технологии, расширить объем и повысить достоверность результатов математического моделирования исследуемого процесса.
3. Разработан комплекс математических моделей и программных средств, предоставляющих возможность непосредственного прогнозирования результирующих показателей плоскостности обрабатываемого металлопроката. Адекватность математических моделей подтверждена результатами экспериментальных исследований.
4. На основе математического моделирования разработаны рекомендации по совершенствованию технологических режимов процесса правки растяжением тонких холоднокатаных полос, основными из которых являются следующие:
  - при реализации процесса правки по условию постоянства вытяжки размах изменений и максимальные уровни результирующих показателей плоскостности могут быть снижены на 25...40% по сравнению с реализацией того же процесса по условию постоянства интегральной величины усилия растяжения;
  - величина требуемых приведенных значений растягивающих усилий должна находиться в диапазоне  $T_1=0.6...1.0$ , где меньшие значения указанного диапазона при правке серповидности, волнистости или коробоватости соответствуют деформации более

широких полос из менее прочных материалов;

- при правке продольной кривизны требуемая величина приведенного усилия может быть уменьшена по мере увеличения толщины обрабатываемой полосы.

5. На основе результатов теоретического анализа разработаны новые схемы непрерывных правильно-растяжных машин с адаптивными системами с использованием несимметричных дифференциалов, обеспечивающие устойчивую работу высокоскоростных агрегатов.

Для предложенных адаптивных схем выполнен кинематико-силовой анализ.

6. На основе проектно-конструкторской проработки, выполненной с учетом результатов теоретических и экспериментальных исследований, разработаны рекомендации по совершенствованию механического оборудования для правки растяжением, основными из которых являются следующие:

- использование несимметричных дифференциалов в адаптивных системах непрерывных правильно-растяжных машин позволяет обеспечить снижение уровня действующих нагрузок в дифференциальных механизмах, повысить надежность механического оборудования;

- реализация разработанных схем позволяет вдвое сократить количество дифференциалов, снизить габариты установок, уменьшить металлоемкость и производственные площади.

7. Разработанные рекомендации были использованы при проектировании агрегатов обработки узких стальных лент, термообработки лент, правки полос, что позволило повысить технико-экономические показатели результатов их эксплуатации. Конструктивные исполнения непрерывных правильно-растяжных машин с дифференциальными устройствами защищены четырьмя авторскими свидетельствами.
8. Результаты работы внедрены в УкрНИИметаллургмаше при проектировании непрерывной правильно-растяжной машины в составе агрегата термообработки ленты для Синарского трубного завода, непрерывной правильно-растяжной машины в составе агрегата обработки узких стальных лент для Нижегородского опытно-промышленного металлургического завода, на опытном производстве УкрНИИметаллургмаш в виде опытной установки правки, а также при производстве опытно-промышленной партии тонкого полосового проката. Экономический эффект от внедрения за счет снижения трудоемкости

проектно-конструкторских работ  
снижения текущих издержек и у  
ного составил 182 тыс. руб. в

Ав 29.468

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

1. Дунаевский В.И., Рындрев В.И. Кинематический расчет адаптивных систем трансмиссий приводов непрерывных правильно-растяжных машин /Тяжелое машиностроение, 1991, №5, -С.8-10.

2. Рындрев В.И., Филатов А.А., Гарцман С.Д. Совершенствование конструкций приводов с адаптивными контурами. -М.:ВНИИМЕТМАШ, 1988. С.66-71. -(Сб. тр. ВНИИМЕТМАШ).

3. А.с.1058668 СССР, МКИ В 21 Д. Агрегат для правки проката растяжением /В.И. Дунаевский, И.Ф. Никитенко, В.И. Рындрев, Н.М. Криклий, Р.А. Воронин.-№3482034/25-27; Заявл. 13.08.82, Опубл. в Б.И. №45, 1983, -С.32.

4. А.с.1292866 СССР, МКИ В 21 Д1/05. Машина для правки проката растяжением /В.И. Дунаевский, В.И. Рындрев, В.Г. Клименко, В.Д. Нотченко, Р.А. Воронин, А.А. Филатов, С.Д. Гарцман. -№3958099/25-27, Заявл. 01.10.85, -Опубл. в Б.И. №8, 1987, -С.41.

5. А.с.1782688 СССР. Машина для правки проката растяжением /В.И. Дунаевский, В.И. Рындрев, В.Д. Нотченко, Н.М. Криклий, Р.А. Воронин. -№4789016/27, Заявл. 07.02.90, -Опубл. в Б.И. №47, 1992, -С.50.

6. А.с.1315058 СССР. Привод рабочей клетки прокатного стана /В.И. Дунаевский, В.И. Рындрев, Н.М. Криклий, Р.А. Воронин, С.Д. Гарцман, А.А. Филатов. -№4009676, Заявл. 20.01.86, -Опубл. в Б.И. №21, 1987, -С.20.



ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

Ответственный за выпуск Рындрев В.И.

Формат бумаги 60x90 1/16. Объем 1 печ. лист. Заказ № II5  
Тираж 100 экз. Бесплатно. Подписано к печати 18.03.94 г.

Отпечатано в УкрНИИметаллургмаше  
343202, г.Славянск, ул. Карпинского, 2а.