

**МЕХАНИКА МАШИН И СОВРЕМЕННЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБ**

Принципы надежности механизмов как основы стабильности и эффективности технологии, средств и систем автоматизации в металлургии заложены и развиты Сергеем Николаевичем Кожевниковым в специальности «Инженер–механик со специализацией по автоматизации механического оборудования» при кафедре теории механизмов и машин Днепропетровского металлургического института. Первые выпускники этой специальности 1955–56 гг. и последующих выпусков хорошо зарекомендовали себя на многих заводах и организациях, особенно в Центральной лаборатории автоматизации и автоматизации трубного производства (ЦЛАМ) трубопрокатного завода им.Ленина (Днепропетровск), созданной в 1956 г. по инициативе С.Н.Кожевникова.

Ряд эффективных инновационных разработок выполнены выпускниками кафедры – работниками отдела автоматизации технологических процессов бывшего Всесоюзного научно–исследовательского трубного института (ВНИТИ) в особенности при создании и освоении высокопроизводительного трубопрокатного агрегата 30–102 Никопольского южнотрубного завода.

Развитие трубного производства в мире и странах бывшего СССР, как и сегодня в Украине наряду с увеличением выпуска труб и расширением их ассортимента постоянно связано со снижением металлоемкости труб и сокращением расхода металла, повышением качества и точности размеров, повышением производительности труда. Совершенствование технологических процессов производства труб неразрывно связано с совершенствованием и созданием надежного высокопроизводительного оборудования, средств и систем автоматического контроля и управления технологическими процессами.

Учениками школы Сергея Николаевича Кожевникова выполнен комплекс работ по исследованию и совершенствованию оборудования практически всех разновидностей технологий производства труб:

- на трубопрокатных установках с пилигримовыми станинами;
- на установках с непрерывными станинами;
- на станах холодной прокатки;
- на установках с автоматстанинами;
- на прессовых установках.

В 1970 г. на Украине на Никопольском южнотрубном заводе была построена и введена в эксплуатацию высокопроизводительная трубопрокатная установка 30–102 проектной мощностью 430 тыс. тонн труб в год, которая и сегодня является одним из крупнейших

трубопрокатных цехов в Европе. Реализован непрерывный процесс прокатки и отделки труб на базе новых совершенных машин и механизмов – непрерывных многоклетевых станов горячей прокатки труб на оправке (непрерывный стан) и без оправки (редукционно–растяжные станы).

На редукционно–растяжных станах реализован высокопроизводительный процесс непрерывной прокатки труб с натяжением, которые завершают технологический процесс горячей прокатки и в основном определяют качество готовых труб и технико–экономические показатели всей трубопрокатной установки. Поэтому вопросам создания надежных и простых в эксплуатации редукционных и калибровочных станов, вопросам автоматизации контроля и управления процессом прокатки на этих станах в мировой практике уделяют большое внимание.

На базе теории и практики исследования и синтеза рациональных механизмов и оптимизации их параметров, созданных кафедрой «Теория механизмов и машин» (ТММ), руководимой Сергеем Николаевичем Кожевниковым, сотрудниками Научно–исследовательского трубного института, бывшими выпускниками ДМетИ 1956–59 гг, с участием сотрудников кафедры ТММ разработаны теоретические основы, методики проектирования и выбраны конструктивные параметры оригинального механического регулируемого дифференциально–группового привода 24–ти клетевых редукционного стана и 12–ти клетевых калибровочного стана, обеспечивающего простоту настройки и жесткое поддержание в процессе прокатки соотношения скоростей вращения валков каждой из клеток линии станом.

При таком типе привода вращение валков всех клеток станом с требуемыми соотношениями осуществляется всего лишь от двух электродвигателей (главного и вспомогательного) через две независимые групповые механические передачи, связанные между собой суммирующими эпициклическими передачами (дифференциалами), ведомые звенья которых вращают прокатные валки клеток.

В связи с этим существенно упрощается управление скоростным режимом редукционного стана и задачи автоматизации управления, так как изменение скорости вращения валков каждой из 24–ти клеток осуществляется изменением частоты вращения только двух электродвигателей – главного и вспомогательного, а жесткость механических трансмиссий обеспечивает стабильность скоростей валков.

На основании работ С. Н. Кожевникова по теории и практике проектирования эпициклических передач была составлена система уравнений, описывающая зависимость скорости вращения валков каждой прокатной клетки, как ведомого звена эпициклической передачи с двумя ведущими звеньями, от отношения скоростей двух электродвигателей, передаточных чисел трансмиссий и параметров эпициклических передач (дифференциалов). Получено основное уравнение в безразмерной форме,

которое характеризует зависимость отношения скоростей вращения валков смежных клеток от параметров зубчатых передач трансмиссий и от настройки частоты вращения главного и вспомогательного электродвигателей, а также зависимости для определения максимально-возможного нарастающего коэффициента оборотов при максимальной скорости входа труб в стан от параметров трансмиссий и дифференциалов, допустимых окружных скоростей зубчатых передач. Это позволяет определять возможный ассортимент прокатываемых труб, производительность редукционного стана и трубопрокатной установки в целом.

По рекомендациям и предложениям Сергея Николаевича Кожевникова (с участием доцента кафедры Я.М. Раскина) разработаны номограммы, которые позволяют при проектировании станов определять максимальные значения моментов и скоростей прокатки, допускаемые параметры привода стана. Эти номограммы получены на основании теории эпициклических передач для приводов прокатных валков станов с коническими дифференциалами с ведомым водилом и ведомым центральным колесом, а также для цилиндрических дифференциалов с использованием данных экспериментальных исследований фактических нагрузок на элементы привода редукционных станов, полученных на Первоуральском и Новосибирском трубных заводах.

По этим технологическим исходным данным определяются размеры дифференциалов, межосевые расстояния передач смежных клеток, а значит и расстояния между осями прокатных валков смежных клеток. От этих параметров зависит величина концевых отходов прокатываемых с натяжением труб и экономические показатели технологии, т.е. потери металла в обрез.

Для решения задач расчета передаточных чисел и чисел зубьев зубчатых передач главного и вспомогательного приводов, разработана методика кинематического синтеза зубчатого механизма с эпициклическими передачами на ЭВМ по заданному закону изменения скорости вращения ведомых звеньев (частоты вращения валков) с требуемой точностью воспроизведения этого закона (технологические данные коэффициентов оборотов валков на основных режимах прокатки).

Методика и алгоритм расчета позволили произвести расчеты передаточных чисел трансмиссий привода, рассчитать числа зубьев передач в каждой паре так, чтобы обеспечить максимально возможную точность воспроизведения заданного закона распределения соотношений скоростей вращения прокатных валков по клетям редукционного стана и обеспечения режима натяжения при горячей прокатке труб.

Наряду с решением задач синтеза кинематики дифференциальная группового привода в связи со спецификой изменения значений моментов прокатки, воздействующих на валки при прокатке труб с натяжением (ударные моменты при захвате валками концевых участков труб)

выполнена широкая программа исследований на редукционных стыках разных заводов, получен обширный статистический материал, разработаны специальные методики определения реального спектра уровней и частот нагрузок, действующих на зубчатые передачи. Выпускником кафедры Ю. И. Тимофеевым была разработана методика расчета на ЭВМ динамики загрузки крутящими моментами зубчатых передач трансмиссий в процессе захвата валками каждой клетки концов труб проектных типоразмеров на различных режимах прокатки, что позволило выполнить необходимые прочностные расчеты и обеспечить необходимые запасы прочности элементов дифференциально–группового привода.

При рабочем проектировании редукционно–растяжных станов и привода их валков для трубопрокатного агрегата 30–102 Никопольского завода было представлено главным машиностроительным организациям ВНИИМЕТМАШ (г.Москвы) и ЭЗТМ (г.Электросталь) несколько технических предложений и технических проектов. «Патриарх» металлургического машиностроения академик Александр Иванович Целиков, зная теоретический и практический уровень достижений школы Сергея Николаевича Кожевникова, оценив глубину и обстоятельность разработок Днепропетровского варианта дифференциально–группового привода принял решение о рабочем проектировании и изготовлении именно этого варианта привода для редукционного и калибровочного станов трубопрокатного агрегата 30–102.

Оборудование, строительно–монтажные работы агрегата 30–102 были завершены к 1970 году и агрегат введен в эксплуатацию в марте 1970 г.

Создание надежного в эксплуатации совершенного оборудования и прогрессивной технологии позволяли, впервые в практике строительства трубных цехов, через 21 месяц с момента пуска трубопрокатной установки 30–102 достигнуть проектной производительности – 430 тыс тонн в год.

Кинематические и технологические особенности станов с дифференциально–групповым приводом создают оптимальные условия для автоматизации контроля и управления процессом. Под руководством Чернышева А. Н. , доцента кафедры С. Н. Кожевникова выпускниками кафедры, работниками отдела автоматизации трубного института, созданы на действующих редукционных станах Никопольского и Новосибирского заводах системы автоматического регулирования (САР) комбинированного типа с управлением по возмущению (исходные параметры трубы) и по отклонению (конечные размеры готовой трубы или значения коэффициентов деформации трубы в стане).

Редукционные и калибровочные станы с дифференциально–групповым приводом до сегодняшнего дня со времени пуска работают без каких–либо серьезных поломок привода, эксплуатируются и сегодня средства и система автоматического управления режимом редуцирования,

а надежность, эффективность и стабильность работы созданного оборудования и технологии позволили ужесточить допуски геометрических размеров прокатываемых труб, сузить нормы механических свойств, производить трубы по международным нормам и техническим условиям указанным выше.

По выполненным исследованиям и разработкам выпускниками кафедры Сергея Николаевича Кожевникова защищены диссертации на соискание степени кандидата технических наук (Нечипоренко А.И., Тимофеев Ю.И., Красников Ю.Г., Коба А.С.), а коллектив авторов с участием Нечипоренко А.И. за разработку и внедрение эффективной технологии редуционно–растяжных станов высокопроизводительной установки 30–102 Никопольского южнотрубного завода удостоен в 1977 году Государственной премии Украины в области науки и техники.

*Нечипоренко А.И.*

*Кандидат технических наук*

*Лауреат государственной премии Украины*