



УДК 621.771:62-82

**М.В. Уланов, О.А. Филатова**  
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова»  
г. Магнитогорск, Россия  
E-mail: feleodor@mail.ru  
Дата поступления 28.05.2021

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРИВОДА ПРОТИВОИЗГИБА РАБОЧИХ ВАЛКОВ ЧЕТЫРЕХКЛЕТЬЕВОГО СТАНА 2500

### Аннотация

В статье представлена модернизированная гидравлическая схема привода механизма противозгиба рабочих валков, позволяющая устранить ряд возникающих в процессе эксплуатации проблем. Предложенные технические решения по модернизации принципиальной гидравлической схемы привода позволят уменьшить количество гидроаппаратов в схеме, обеспечат возможность автоматической регулировки систем противозгибов рабочих клетей и повышения надежности системы в целом.

**Ключевые слова:** прокатный стан, противозгиб рабочих валков, гидравлическая схема, гидропривод, пропорциональная техника

### Введение

Непрерывный четырехклетевой стан 2500 ЛПЦ -5 ПАО «ММК» предназначен для холодной прокатки травленных горячекатаных полос, смотанных в рулоны весом до 30 тонн. Исходный материал: рулоны горячекатаной полосы  $(1,5-6,0) \times (1000-2350)$  мм. Сортамент готовой продукции: холоднокатаные листы  $(0,6-2,5) \times (900-2350)$  мм и холоднокатаная полоса в рулонах. Производительность стана составляет 2,5–3 млн. т/год. Рабочие клетки стана предназначены для осуществления процесса холодной прокатки полос, т.е. для удержания в определенном положении рабочих и опорных валков, возможности их перемещения в вертикальной плоскости, вращения валков и восприятия усилий, возникающих во время прокатки [1, 2]. Контроль толщины прокатываемой полосы производится на рабочей скорости прокатки радиоизотопными измерителями толщины.

Эффективным средством борьбы с разнотолщинностью прокатываемых листов можно считать силовую профилировку (противозгиб) рабочих и опорных валков. Основными преимуществами противозгиба и дополнительного изгиба рабо-

чих и опорных валков является его быстродействие, позволяющее регулировать поперечную разнотолщинность и планшетность прокатываемых полос непосредственно при прокатке, а также возможность прокатывать на одних и тех же валках полосы различной ширины, материала и с различными обжатиями. Применение гидравлической системы в механизмах противозгиба рабочих валков обусловлено ее компактностью, в отличие от электромеханических систем исполнения, быстродействием, возможностью передачи больших усилий и широким диапазоном передаточных отношений [3, 4].

### Основная часть

На рисунке 1 изображена гидравлическая схема противозгиба рабочих валков. Рабочая жидкость подается из маслобака (Б) нерегулируемыми насосами (Н1, Н2, Н3, Н4, Н5), каждый насос подает давление на одну клеть. В случае неисправности рабочего насоса посредством задвижек подключается резервный насос (Н5). От превышения максимального давления в системе предусмотрены предохранительные клапаны (КП1-КП5). Далее рабочая жидкость поступает к клапанам (КП6-КП9), которые

служат для изменения усилий противоизгиба на каждой клетке. Возле клетки установлен пульт управления, где оператор, руководствуясь сортаментом проката, выставляет усилие на манометре посредством тумблера, который управляет шаговым электродвигателем (М1-М4), передающим вращение червячному редуктору (РЧ1-РЧ4). Червячный редуктор в свою очередь

управляет пилотным клапаном игольчатого типа. Далее рабочая жидкость через линии Х управляет предохранительным клапаном (КП2-КП5), передавая рабочую жидкость под заданным давлением к исполнительным механизмам. Гидрораспределители (Р1-Р4) служат для разгрузки гидроцилиндров в сервисном режиме.

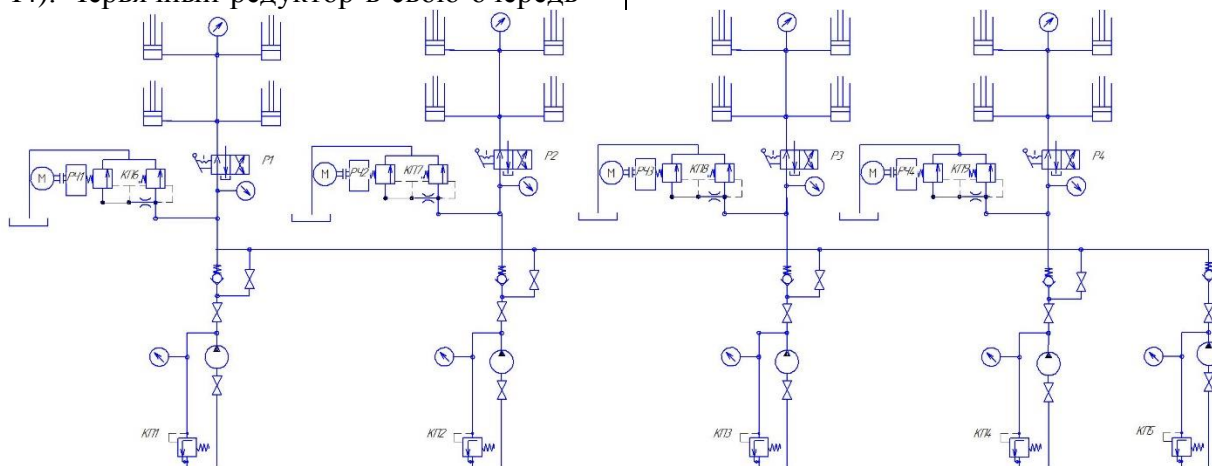


Рисунок 1. Схема гидравлическая привода противоизгиба рабочих валков

Для расширения сортамента и увеличения объёмов прокатки необходима надёжная система, которая отвечала бы быстродействию и исключала человеческий фактор при ручной регулировке усилий [7]. Рассматривая данный аспект, в данной системе были выявлены недостатки, которые влияют на надёжность и быстродействие, а именно:

1. Применение нерегулируемых насосов в системе способствует повышенному износу и перегреву рабочей жидкости. Кроме того, данная система исключает возможность автоматического подключения резервного насоса при неисправности рабочего, что в свою очередь увеличивает время простоя оборудования.

2. Применение системы непосредственной регулировки затрудняет возможность автоматического регулирования и контроля усилий на рабочие валки клетки.

3. Система регулировки давления, состоящая из электродвигателя, редуктора, игольчатого пилотного клапана и основного клапана имеет высокое количество отказов из-за большого количества механизмов и требуют частого проведения технического обслуживания и регулировки.

4. Так как оборудование прокатного стана проектировалось в 50-х годах, гидравлическая составляющая состоит из дискретных клапанов, которые могут работать на масле И-20А с чистотой рабочей жидкости 12-15 класса по системе NAS. Данная чистота масла ведет к быстрому износу золотниковых и клапанных пар, а применение масла И-20А, которое подвержено быстрому старению и высокой степени окисления, требует полной замены через 6 месяцев работы

Исходя из вышеизложенного было принято решение на переработку гидравлической схемы [5,6,7], а именно:

1. Заменить нерегулируемые гидравлические насосы на аксиально поршневые насосы с наклонным диском с автоматической регулировкой расхода и давления (Н1-Н3). В системе на все клетки используются 3 основных насоса. Два из которых в работе, один - в резерве. С целью уменьшения отказов и равномерной наработки моторчасов необходимо переключение насосов в резерв с равными периодами.

2. Применение гидроаппаратуры с модулем обратной связи для возможности удаленного регулирования давления.

3. Заменить систему регулировки давления гидроизгиба на пропорциональный редуцирующий клапан (PK1-PK4).

4. Отделить систему гидроизгиба от основной маслостанции стана 2500 с применение масла HLP 46 для поддержания чистоты рабочей жидкости. И использовать систему циркуляционной станции, представленной на рис. 3, с применением пластинчатого теплообменника для поддержания рабочей температуры масла, что в свою очередь увеличит ресурс рабочей жидкости в гидросистеме и будет способствовать поддержанию класса чистоты не выше 5 по

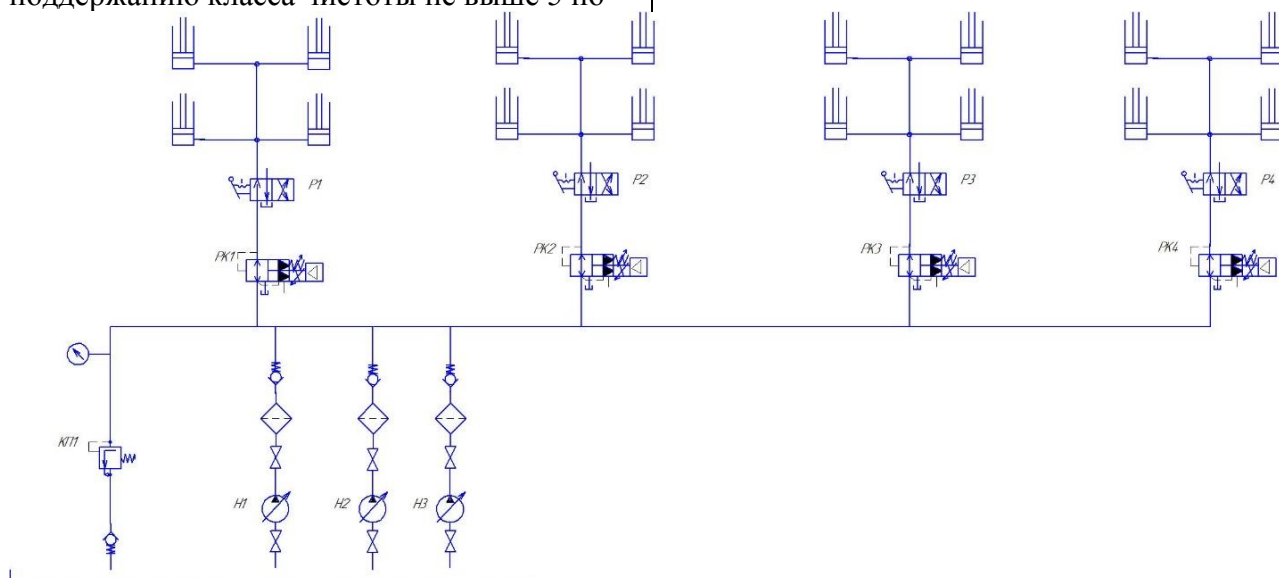


Рисунок 2. Предлагаемая принципиальная гидравлическая схема привода механизма противоизгиба рабочих валков

В системе предлагается использование редуцирующего клапана фирмы Rexroth 3DREME 16 (PK1-PK4).

Пропорциональные редуцирующие клапаны служат для электрической дистанционной установки давления, при этом есть возможность дополнительно оказывать воздействие электрическим способом на повышение и понижение давления во времени [3, 8]. Давление, таким образом, может изменяться с помощью электрической заданной величины в соответствии с требованиями процесса или подгоняться к таким требованиям.

Основной критерий пропорциональных клапанов - это регулируемые электромагниты управления, которые являются связующим звеном между электроникой и гидравликой.

классификации NAS. Данный класс чистоты соответствует бесперебойной работе пропорциональных клапанов типа DREME.

5. Для предотвращения попадания частиц износа системы в пропорциональные клапана необходимо использовать напорные фильтры на рабочих насосах, что в свою очередь обезопасит гидроагрегаты и снизит нагрузку на фильтрыэлементы контура циркуляции.

Предлагаемая гидравлическая схема привода с описанными выше техническими решениями представлена на рисунке 2.

В зависимости от практического применения различают [8]: электромагниты с аналоговой характеристикой «перемещение-ток», так называемые регулируемые по подъёму электромагниты и электромагниты с особо определенной характеристикой «сила-расход», электромагниты регулируемые по силе.

Для пропорционального току изменения выходной величины силы и перемещения можно применять только электромагниты постоянного тока. Электромагниты переменного тока в связи со своим зависимым от подъёма потребление тока должны занимать свое конечное положение подъёма по мере возможности без промедления.

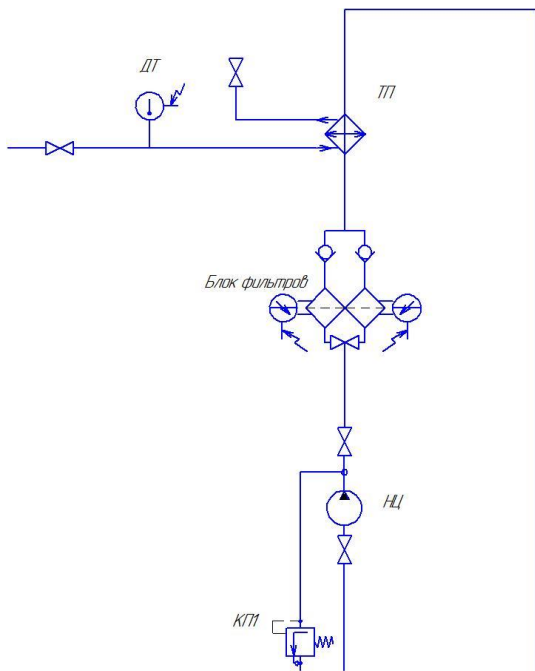


Рисунок 3. Предлагаемая принципиальная гидравлическая схема системы циркуляции

Электромагнит, регулируемый в зависимости от силы: в таком электромагните сила электромагнита регулируется в зависимости от изменения силы тока, при этом якорь электромагнита не производит значительного подъема. В следствии обратной связи по току в электрическом усилителе электромагнитный ток, а таким образом и электромагнитная сила, придерживаются постоянной величины даже при изменении сопротивления электромагнита.

Основными частями редукционного клапана являются: пилотный клапан с пропорциональным магнитом и основной клапан с золотниковым комплектом.

Давление настройки клапана определяется силой тока на пропорциональном магните. Для предотвращения недопустимого повышения давления в случае слишком большого управляющего тока на пропорциональном магните, может быть установлен предохранительный клапан с регулируемым поджатием пружины. Эти клапана имеют широкий диапазон регулировки по давлению от 0 до 315 бар с отклонением не более 2% и скоростью срабатывания 10 м/с при номинальном расходе 300

л/мин, что удовлетворяет всем требованиям для данной системы.

### Заключение

В результате проведенной модернизации принципиальной гидравлической схемы было достигнуто следующее:

- Количество гидроаппаратов в разработанной схеме по сравнению с существующей схемой уменьшилось на 40 %.
- Благодаря использованию пропорциональных редукционных клапанов типа DREME появилась возможность точной регулировки давления каждой клетки с возможностью программной корректировки, что в свою очередь способствует исключению человеческого фактора при настройке рабочих параметров клеток.
- Увеличилась скорость перестройки прокатных клеток.
- С применением в системе контура циркуляции появилась возможность поддержания заданного класса рабочей жидкости.
- Применение напорных фильтров после рабочих насосов снижает возможность попадания частиц износа к клапанам.
- Использование пластинчатого теплообменника исключает возможность перегрева рабочей жидкости.
- Применение в системе масла типа HLP 46 способствует увеличению регламентной замены масла и повышает ресурс гидроагрегатов системы.

### Библиографический список

1. Исследование взаимосвязи натяжений полосы и нагрузок электроприводов изгибо-растяжной машины непрерывно-травильного агрегата / Корнилов Г.П., Филатов А.М., Филатова О.А., Храмшин Т.Р., Храмшин Р.Р. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2020. Т.18. №3. С. 69–78. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2020-18-3-69-78>.
2. Исследование привода изгибо-растяжной машины непрерывно-травильного

- агрегата стана холодной прокатки / Корнилов Г.П., Филатов А.М., Филатова О.А., Храмшин Т.Р., Храмшин Р.Р. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2020. Т.18. №1. С. 71–79. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2020-18-1-71-79>.
3. Основы функционирования гидро- и электроприводов: практикум / А. И. Курочкин, Д. М. Айбашев, А. М. Филатов, С. В. Подболотов; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=4014.pdf&show=dcatalogues/1/1532643/4014.pdf&view=true>.
  4. Сайфуллаев, С.Д., Чиченев, Н.А. Модернизация гидравлического пакетировочного пресса АО "Узвторцветмет"// Сталь. №10. 2019. - С.53-55.
  5. Точилкин, В. В. Проектирование элементов металлургических машин и оборудования: учебное пособие / В. В. Точилкин, О. А. Филатова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3319.pdf&show=dcatalogues/1/1138305/3319.pdf&view=true>.
  6. Точилкин, В. В. Создание агрегатов и устройств технологических машин: монография/ В.В. Точилкин, О.А. Филатова. Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (Магнитогорск). 2020. – 136с.
  7. Уланов М.Ю. Совершенствование гидравлической схемы привода механизма вертикального регулирования запорно-вального стола моталки/ М.Ю. Уланов, О.А. Филатова // Сборник: Современные проблемы и перспективы развития науки, техники и образования. Материалы I Национальной научно-практической конференции. 2020. С. 885-887.
  8. Пропорциональная техника и техника сервоклапанов: учебник и справочник по гидравлическим пропорциональным клапанам и сервоклапанам, а также электронным компонентам, применяемым в управлениях и контурах регулирования/ Х.Дерр, Р. Эвальд, Й. Хуттер [и др.]. Пер. с нем. — Маннесманн Рексрот ГмбХ, 1986. – 258с.

---

*Information about the paper in English*

**M.V. Ulanov, O.A. Filatova**  
 Nosov Magnitogorsk State Technical University  
 Magnitogorsk, Russia  
 E-mail: feleodor@mail.ru  
 Received 28.05.2021

IMPROVING A HYDRAULIC DRIVE CONFIGURATION OF WORK ROLL BENDING  
 ON FOUR-HIGH MILL 2500

**Abstract**

The paper presents a revamped hydraulic configuration of work roll bending to eliminate difficulties occurring during the operation. The suggested technical solutions to revamping a principal hydraulic diagram of the drive will contribute to decreasing a number of hydraulic units in the diagram, ensuring an automatic adjustment of work roll bending systems and increasing reliability of the system in general.

**Keywords:** rolling mill, work roll bending, hydraulic diagram, hydraulic drive, proportional equipment.

---