

# Учебно-исследовательский прокатный стан ДУО-130

Радионова Л.В.<sup>1,2</sup>, Лисовский Р.А.<sup>1,2</sup>, Фаизов С.Р.<sup>1</sup>, Лисовская Т.А.<sup>1</sup>, Зараменских С.Е.<sup>1</sup>,  
Глебов Л.А.<sup>1</sup>, Громов Д.В.<sup>1</sup>, Гасиярова О.А.<sup>1</sup>, Быков В.А.<sup>1</sup>, Коротовких В.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ООО НПП «Учтех-Профи»  
г. Челябинск, Российская Федерация

<sup>2</sup> ООО НТК «ИнТех»  
г. Москва, Российская Федерация

[radionovalv@rambler.ru](mailto:radionovalv@rambler.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена описанию конструкции и принципа работы прокатного стана ДУО-130 производства ООО НПП «Учтех-Профи» (г. Челябинск). Прокатный стан предназначен для проведения лабораторных и научно-исследовательских работ. В статье дано подробное описание конструктивных особенностей изготавливаемого оборудования. Отличительными особенностями данного лабораторного стана являются: небольшие габариты при сохранении классического построения главной линии прокатной клетки. Система автоматизации стана и система сбора данных позволяет не только измерять и фиксировать усилие прокатки, скорость прокатки и зазор между валками, но и выводить технологические параметры процесса в виде графиков и диаграмм на сенсорный экран пульта управления. В статье приведены примеры использования колледжами и высшими учебными заведениями прокатного стана в образовательном процессе при подготовке специалистов в области металлургии.

**Ключевые слова:** прокатный стан, ДУО-130, лабораторное оборудование, обработка металлов давлением, прокатка, проект «Профессионалитет».

## ВВЕДЕНИЕ

Прокатное производство является одним из основных переделов металлургической промышленности [1, 2]. Среди процессов обработки металлов давлением прокатка также является фаворитом. До 90% всей выплавляемой стали, а также большую часть цветных металлов подвергают прокатке [3]. Номенклатура продукции, выпускаемая прокатным производством, обширна и разнообразна. Листовой и сортовой прокат, трубы, колеса, шары – все это продукты прокатного производства [4-9].

Оборудование прокатного производства также находится под пристальным вниманием инженерного сообщества [10]. Современный прокатный стан – это высокотехнологичный автоматизированный агрегат, осуществляющий не только формоизменение металла, но свойствообразование [11]. Достигается это за счет применения термомеханической обработки и ускоренного охлаждения с прокатного нагрева [12-14]. Высокая степень автоматизации прокатных станов позволяет не только выпускать высококачественную продукцию, но открывает большие перспективы для создания их цифровых двойников [15-17]. При разработке концепции интеллектуального производства прокатные станы также стали одними из первых объектов к которым применим искусственный интеллект [18, 19]. В список объектов, которым уделяют повышенное внимание

специалисты в области Индустрии 4.0, входит прокатный стан [20].

Подготовка инженеров, которые в будущем будут не только обслуживать в промышленности прокатные станы, но и проектировать новые и модернизировать имеющиеся начинается в учебных лабораториях колледжей и университетов [21, 22]. От того какой уровень знаний и компетенций они получают в учебном процессе зависит тренд развития прокатного производства в будущем.

В последнее время в образовательном процессе очень активно применяются цифровые образовательные ресурсы [23-25]. Виртуальные лабораторные работы вошли в образовательный процесс и стали их неотъемлемой частью [26]. Большое количество тренажеров-симуляторов оборудования, применяемое в учебном процессе, также позволяет существенно повысить качество подготовки кадров для промышленных предприятий [27]. Дополненная реальность хорошо зарекомендовала себя при изучении конструкции оборудования, его технического обслуживания и ремонта [28].

Однако полная замена реальных объектов на виртуальные в образовательном процессе не допустима. Физическое моделирование процессов прокатки при изучении теории и технологии прокатного производства необходимо сохранить в учебном процессе. В некоторых учебных заведениях еще сохранились лабораторные прокатные станы, которые традиционно использовались при подготовке «прокатчиков» [29-30], во многих они утрачены или морально и физически устарели, ряд учебных заведений вновь организованы и только приступили к оснащению лабораторной базы.

В последние годы правительство и работодатели совместными усилиями реализуют Федеральный проект «Профессионалитет», который направлен на создание образовательно-производственных центров (кластеров) на базе колледжей [31, 32].

В связи с вышесказанным разработка, создание и методическое сопровождение современного учебного оборудования, в том числе и прокатного, является весьма актуальной задачей.

Целью настоящей работы является разработка учебно-исследовательского прокатного стана, позволяющего изучать теоретические и технологические аспекты прокатки, а также основы автоматизации и цифровизации прокатного производства.

КОНСТРУКЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОКАТНОГО СТАНА

Прокатный стан – это комплекс оборудования, в котором происходит пластическая деформация металла между вращающимися валками. В состав прокатного стана входит как основное, так и вспомогательное оборудование. Вспомогательным оборудованием принято считать нагревательные печи, рольганги, холодильники, моталки, ножицы и т.п. В состав основного оборудования входят прокатные клетки с приводами (рис. 1).

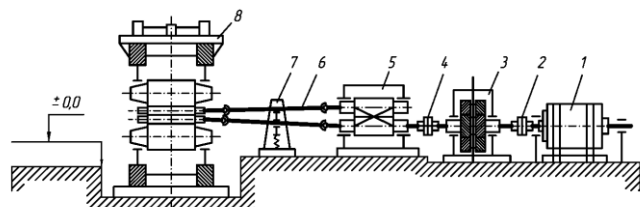


Рис. 1. Главная линия прокатной клетки:  
1–электродвигатель; 2–моторная муфта; 3–редуктор;  
4–коренная муфта; 5–шестеренная клетка; 6–шпиндели;  
7–уравновешивание шпинделей; 8–рабочая клетка

Существует три основных способа прокатки: продольная, поперечная и винтовая. Поперечная и винтовая прокатка используются для обработки тел вращения, таких как трубы, колеса шары поэтому они значительно менее распространены, по сравнению с продольной прокаткой. Продольной прокаткой получают листовую и сортовой прокат. Поэтому для разработки лабораторного прокатного стана выбран продольный способ прокатки. При продольной прокатке деформация заготовки происходит между вращающимися в противоположных направлениях валками.

Валки – это рабочий инструмент для прокатки металлов. Для прокатки листового проката применяется валок так называемая «гладкая бочка», который представляет из себя цилиндр различных диаметров и определенной длины, причем длина валка в листовых станах выносятся в его название, например, «стан 2000» – длина бочки 2000 мм. При сортовой прокатке определяющим является диаметр валка. Для осуществления сортовой прокатки на валки нарезаются ручки, которые при сведении валков образуют калибры. Калибры необходимы для формирования требуемого профиля проката, например, квадрат, круг, прямоугольник и т.д. Каждый валок представляет собой цилиндр, изготовленный из прочного чугуна или стали. Рабочий поверхностный слой валков может дополнительно быть упрочнен такими методами как закалка ТВЧ, наплавка износостойкого сплава различными методами и т.п.

В качестве инструмента для прокатки в разработанном стане ДУО-130 применяются комбинированные валки (рис. 2), сочетающие в себе одновременно и гладкий и калиброванный валок, что позволяет избежать перевалки валков, которая требует определенного времени и не всегда возможно при реализации учебного процесса. ДУО, как известно указывает на то, что клетка двухвалковая, а величина «130» в данном случае говорит о диаметре валка. Длина бочки валка составляет 160 мм. Нужно отметить, что возможность применения двух пар валков, а именно отдельно «гладкой бочки» и калиброванных, предусмотрена разработчиками и желанию заказчика может ими комплектоваться.

Твердость поверхности прокатных валков составляет около 40 HRC. На сортовых валках нарезаны калибры (рис. 3), которые позволяют получить готовый круглый прокат диаметром 6 мм, а также изучить особенности проектирования калибровок.

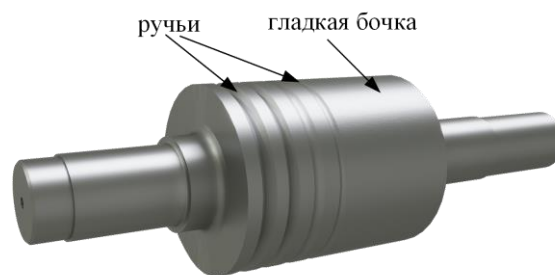


Рис. 2. Универсальный прокатный валок

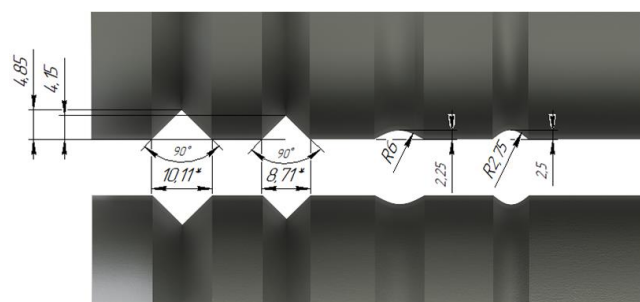


Рис. 3. Калибры, образованные универсальными валками

Универсальные валки 1 размещаются в подушках 2 посредством подшипников (рис. 4). Уравновешивающее устройство позволяет прижимать верхний валок к нажимным винтам 3. В качестве нажимных устройств использованы нажимной винт 3 с шаговым двигателем 4. Шестерни 5 входят в зацепление и равномерно опускают или поднимают верхний валок. Перемещение валка определяется с помощью энкодера 6, установленном на шаговом двигателе 4. Для определения усилия прокатки между нажимным винтом и подушкой установлена мессдоза 7 типа шайба с максимальным давлением 35 кН.

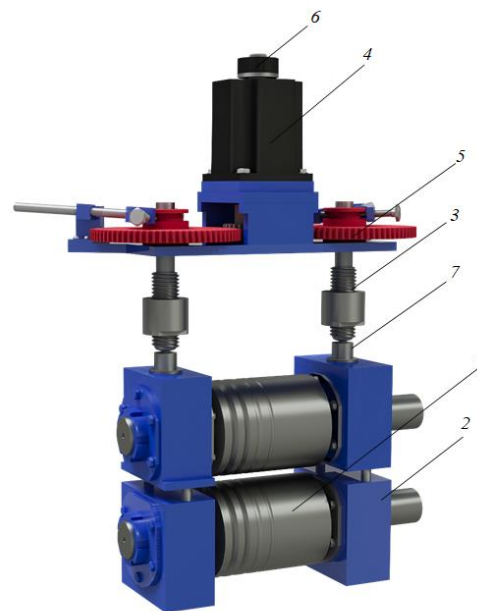


Рис. 4. Прокатная клетка стана ДУО-130

Подушки 2 с валками 1 размещаются в станине 8 (рис. 5). Для передачи крутящего момента от шестеренной клетки 9 к валкам 1 применяются шпиндели универсального типа 10. Применение такого типа шпинделей позволяет поднимать верхний волок с углом до 12°.

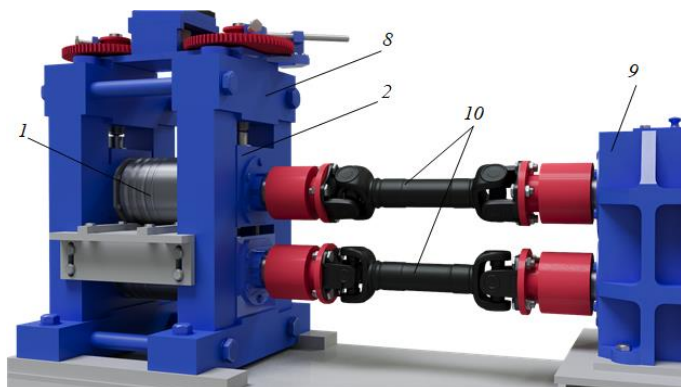


Рис. 5. Универсальные шпиндели, передающие крутящий момент прокатным валкам

Для раздачи крутящего момента от мотор-редуктора 11 к шпинделям 10 применена шестеренная клетка 9 с передаточным числом равным 1 (рис. 6). Прокатные валки приводятся в движение от мотор-редуктора с асинхронным двигателем мощностью 5,5 кВт со скоростью вращения до 950 об/мин, который соединяется с шестеренной клеткой 9 посредством муфты 12. Энкодер инкрементальный 13 позволяет измерять скорость прокатки.

Для удобства задачи заготовки и приема готового проката на стане использованы задающий и приемный столы 14 с передвигаемой по столу проводковой арматурой.

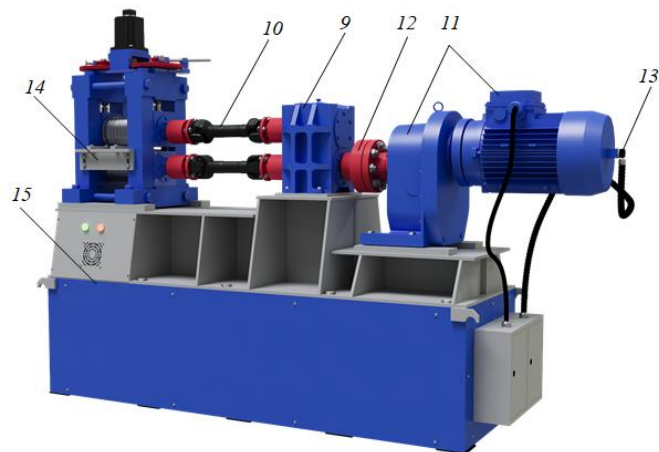


Рис. 6. Главная линия прокатной клетки

Стан представленной конструкции позволяет осуществлять прокатку с усилием не более 60 кН. Максимально допустимый момент прокатки 710 Нм. Скорость прокатки до 0,3 м/с.

В качестве заготовки для проведения лабораторных работ рекомендуется использовать свинец или олово. Для моделирования листовой прокатки заготовки типа «слаб» шириной от 30 до 50 мм и толщиной от 8 до 15 мм. Для моделирования сортовой прокатки круглая литая заготовка диаметром 9 мм или заготовка типа «блюм» размером 10×10 мм. Для отливки требуемых заготовок в комплекте со станом предусмотрены изложницы указанных типоразмеров.

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОКАТНОГО СТАНА

Для управления станом, сбора и обработки информации в состав стана входит пульт управления (рис. 7) и шкаф автоматики.

Для автоматизации стана используется следующее оборудование: тензодатчики, для измерения усилия прокатки, энкодер инкрементальный для измерения реальной скорости асинхронного электродвигателя, энкодер шагового двигателя для определения перемещения верхнего валка и установки зазора между валками, преобразователь частоты для регулирования скорости асинхронного двигателя, программируемый логический контроллер (ПЛК) для централизованного управления, сбора и обработки технологических параметров процесса. Два тензодатчика установлены на подушках верхнего валка под нажимными винтами. Они позволяют определить усилие прокатки. Установка двух датчиков объясняется тем, что необходимо усреднить измерения, так как прокатка происходит не по центру валков.

Управление двигателем осуществляется преобразователем частоты с векторным управлением с обратной связью по скорости. В качестве датчика скорости используется инкрементальный оптический энкодер, установленный на валу двигателя. Преобразователь частоты установлен в шкафу управления станом. Сигналы задания на него поступают с программируемого логического контроллера (ПЛК). На контроллер поступают сигналы с тензодатчиков через весовые преобразователи. ПЛК связывается с компьютером и передает информацию о всех технологических переменных процесса в программное обеспечение.

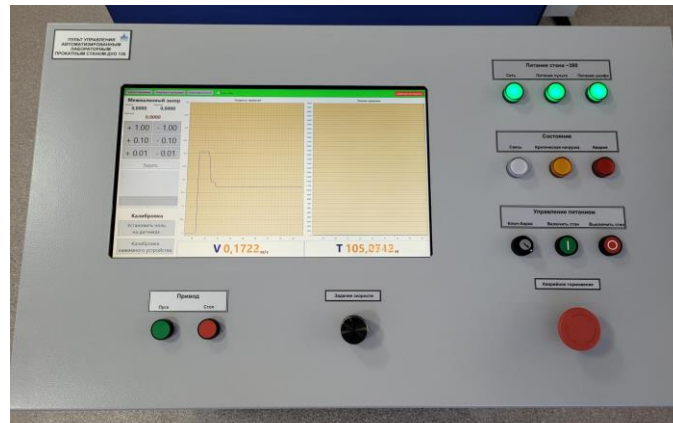


Рис. 7. Пульт управления прокатным станом

Человеко-машинный интерфейс позволяет оператору управлять процессом через пульт управления. На лицевой панели пульта (см. рис. 7) располагаются сенсорный экран, кнопки управления, ручки регулировки скорости и сигнальные лампы. На сенсорном мониторе посредством специального программного обеспечения отображаются основные параметры процесса: общее усилие прокатки, скорость прокатки, зазор между валками. Сигнальные лампы на лицевой панели разделены на два логических блока: лампы питания стана и лампы состояния. В блок питания входят лампы: сеть, питание пульта и питание шкафа. К лампам состояния относятся: связь, критическая нагрузка и авария. Блок управления питанием включает в себя ключ-бирку для блокировки стана и кнопки



включения/выключения стана. Блок управления приводом включает в себя кнопки пуска и останова привода валков стана. Скорость вращения валков изменяется ручкой регулировки. Кнопка аварийного отключения мгновенно останавливает привод стана. Таким образом, система автоматизации позволяет осуществлять управление станом путем изменения скорости вращения валков, а система сбора данных фиксировать посредством мессдоз усилие прокатки. На экран сенсорного монитора выводится информация о технологических режимах прокатки, введенная оператором стана и энергосиловые характеристики, полученные с датчиков, установленных на стане.

#### ПРИМЕНЕНИЕ ПРОКАТНОГО СТАНА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

В 2017 году первые экземпляры станов, изготовленных по данному проекту [33], были приобретены учебными заведениями России и стран СНГ, а именно технопарком «Университетский» (г. Екатеринбург), технопарком Навойского государственного горного института (г. Навои, Узбекистан), Челябинским государственным промышленно-гуманитарным техникумом им. А.В. Яковлева.

В 2018 году стан был представлен на международной промышленной выставке «ИННОПРОМ» в выставочном комплексе «Екатеринбург-ЭКСПО».

В 2022 году Волжский трубопрокатный завод (входит в состав Трубной Металлургической Компании – ТМК) выступил спонсором покупки прокатного стана ДУО-130 (рис. 8) для кафедры «Технология и оборудование машиностроительных производств» Волжского политехнического института.



Рис.8. Прокатный стан ДУО-130 в Волжском политехническом институте

В 2022 году в рамках проекта «Профессионалитет» Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова приобрел стан (рис. 9) для образовательного процесса в колледже, который входит в его состав и готовит кадры для Магнитогорского металлургического комбината. Одновременно с этим, также в рамках проекта «Профессионалитет», в эксплуатацию был запущен прокатный стан в Липецком металлургическом колледже (рис. 10).

Учебно-исследовательский прокатный стан ДУО-130 сопровождается методическими указаниями для выполнения следующих лабораторных работ: «Устройство и принцип работы прокатного стана ДУО-130», «Уравнение постоян-

ства объема и коэффициенты деформации при прокатке», «Уширение при прокатке», «Опережение при прокатке», «Условие захвата металла валками и определение коэффициента трения», «Исследование силовых условий при прокатке в валках с гладкой бочкой» и «Сортовая прокатка».



Рис. 9. Прокатный стан ДУО-130 в МГТУ им. Г.И. Носова (г. Магнитогорск)



Рис. 10. Прокатный стан ДУО-130 в Липецком металлургическом колледже

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный и изготовленный прокатный стан ДУО-130 предназначен для проведения лабораторных и научно-исследовательских работ. Конструкция стана простота и позволяет задействовать его в образовательных учреждениях разного уровня, поскольку его эксплуатация не требует специальных навыков. Вместе с тем он сохранил в своей конструкции классическое расположение оборудования в главной линии прокатной клетки характерное для промышленных прокатных станов различного назначения, что очень ценно для учебного процесса. Система автоматизации и сбора данных, реализованная на стане, позволяет не только проводить основные лабораторные работы по таким дисциплинам, как «Обработка металлов давлением», «Технологические основы прокатки», «Теория обработки металлов давлением» и др., но и выполнять научно-исследовательские работы по изучению особенностей пластической деформации новых видов сталей и сплавов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рудской, А. И. Теория и технология прокатного производства : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Металлургия" / А. И. Рудской, В. А. Лунев ; А. И. Рудской, В. А. Лунев ; Федеральное агентство по образованию, Санкт-Петербургский гос. политехнический ун-т. – Санкт-Петербург : Наука, 2008. – ISBN 978-5-02-025302-5. – EDN QNCBAH.
2. Гугис, Н. Н. Развитие прокатного производства в российской Федерации в 2019 - 2022 годах / Н. Н. Гугис // Сталь. – 2023. – № 2. – С. 14-26. – EDN WPTQJS.
3. Шаталов, Р. Л. Расчет, проектирование и применение прокатного оборудования : Учебное пособие / Р. Л. Шаталов. – Вологда : Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Инфра-Инженерия", 2020. – 236 с. – ISBN 978-5-9729-0434-4. – EDN CGZYRH.
4. Завалищин, А. Н. Технология термической обработки листового и сортового проката / А. Н. Завалищин, М. И. Румянцев, А. Б. Сычков. – Магнитогорск : Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2017. – 230 с. – ISBN 978-5-9967-0954-0. – EDN ZDCSZZ.
5. Мазур, И. П. Качество отделки поверхности листового проката : Учебное пособие / И. П. Мазур, В. Н. Соловьев, Е. Б. Бобков. – Старый Оскол : ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2020. – 372 с. – ISBN 978-5-94178-669-5. – EDN BTKOKK.
6. Чикишев, Д. Н. Современные концепции получения проката из экономнолегированных трубных сталей : учебное пособие / Д. Н. Чикишев. – Магнитогорск : Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2023. – 94 с. – ISBN 978-5-9967-2772-8. – EDN SLWDEY.
7. Рубцов, В. Ю. Совершенствование режимов поперечно-винтовой прокатки и технологии производства мелющих шаров : специальность 05.16.05 "Обработка металлов давлением" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Рубцов Виталий Юрьевич. – Екатеринбург, 2021. – 189 с. – EDN JOJXYW.
8. Развитие технологии производства железнодорожных колес / А. В. Кушнарев, А. А. Богатов, А. А. Киричков, С. С. Пузырев // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2016. – Т. 14, № 1. – С. 59-68. – DOI 10.18503/1995-2732-2016-14-1-59-68. – EDN VQSYGT.
9. Красиков, А. В. Технология подготовки непрерывнолитой заготовки из нержавеющей стали к прокатке на ТПА с непрерывным станом с контролируемо-перемещаемой оправкой / А. В. Красиков // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Metallurgy. – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 40-48. – DOI 10.14529/met210305. – EDN EDXGUK.
10. Колесников, А. Г. Технологическое оборудование прокатного производства / А. Г. Колесников, Р. А. Яковлев, А. А. Мальцев. – Москва : Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2014. – 166 с. – ISBN 978-5-7038-4004-7. – EDN ZCKZIT.
11. Термическое упрочнение фасонного проката в потоке сортового стана / О. Н. Тулупов, А. В. Наливайко, А. Б. Сычков [и др.] // Сталь. – 2019. – № 4. – С. 64-70. – EDN ZCCATQ.
12. Полевой, Е. В. Сравнительный анализ микроструктуры и свойств дифференцированно и объемнотермоупрочненных рельсов / Е. В. Полевой, А. Б. Добужская, М. В. Темлянец // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2016. – № 2(16). – С. 18-22. – EDN WQITIV.
13. Автоматическое управление геометрией проката на толстолистовом стане 5000 горячей прокатки / В. Р. Гасияров, Д. Ю. Усатый, А. А. Радионов, Л. В. Радионова // Четвертая Всероссийская мультиконференция по проблемам управления "МКПУ-2011" : материалы 4-й Всероссийской мультиконференции, Дивноморское, 03–08 октября 2011 года. Том 2. – Дивноморское, 2011. – С. 307-309. – EDN RAFIWH.
14. Математическое моделирование температурного поля круглого сортового проката на линии термоупрочнения прокатного стана / Б. А. Дубровский, Б. А. Никифоров, В. А. Харитонов, Л. В. Радионова // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2005. – № 3(11). – С. 53-58. – EDN PYCDMN.
15. Об определении экономической эффективности оптимизирующего управления технологическими процессами прокатного производства / Б. Н. Парсункин, С. М. Андреев, А. Р. Бондарева, В. П. Чернов // Теория и технология металлургического производства. – 2022. – № 1(40). – С. 30-36. – EDN GALYPZ.
16. Концептуальные направления создания цифровых двойников электротехнических систем агрегатов прокатного производства / А. А. Радионов, А. С. Карандаев, Б. М. Логинов, О. А. Гасиярова // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2021. – Т. 64, № 1. – С. 54-68. – DOI 10.17213/0136-3360-2021-1-54-68. – EDN LCGJNZ.
17. Цифровизация в металлургической промышленности / Л. В. Радионова, Т. А. Лисовская, М. А. Жлудов [и др.] // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство : Сборник научных статей по итогам десятой международной научной конференции, Казань, 30 ноября 2019 года. Том Часть 2. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью "КОНВЕРТ", 2019. – С. 57-66. – EDN BOPKGL.
18. Кустов, М. А. Планирование прокатки и нагрева слябов на стане 5000 с применением технологий искусственного интеллекта / М. А. Кустов, Е. В. Ершов, И. А. Варфоломеев // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2023. – № 1(112). – С. 47-58. – DOI 10.23859/1994-0637-2023-1-112-4. – EDN URPBVG.
19. Развитие теории и технологии инновационных процессов прокатного производства / В. М. Салганик, Д. Н. Чикишев, С. В. Денисов [и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2014. – № 1(45). – С. 48-51. – EDN RZPTNZ.
20. Calculating Simulation Model Parameters for Electromechanical System of Rolling Mill Stand / A. S. Karandaev, S. N. Baskov, O. A. Gasiyarova [et al.] // Proceedings - 2020 International Ural Conference on Electrical Power Engineering, UralCon 2020, Chelyabinsk, 22–24 сентября 2020 года. – Chelyabinsk, 2020. – P. 469-474. – DOI 10.1109/UralCon49858.2020.9216265. – EDN DMFVIG.

21. Радионова, Л. В. Прикладной бакалавриат как форма практико-ориентированной подготовки студентов технических специальностей / Л. В. Радионова, И. В. Сидоров // Научно-методический электронный журнал "Концепт". – 2013. – № Т4. – С. 221-225. – EDN RAWEZB.

22. Чуманов, И. В. Практико-ориентированный принцип как условие подготовки "прикладных" бакалавров для металлургической отрасли / И. В. Чуманов, Л. В. Радионова // Металлург. – 2014. – № 8. – С. 6-10. – EDN SNIFOL.

23. Радионова, Л. В. Опыт разработки и использования МООК "материаловедение" в инженерном образовании / Л. В. Радионова, Р. А. Лисовский, Л. А. Глебов // Всероссийская интернет-конференция «Использование дистанционных технологий в инженерном образовании: вызовы и решения»: Материалы конференции, Челябинск, 25 ноября 2021 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южно-Уральский государственный университет. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2022. – С. 109-114. – EDN FYDGHM.

24. Коваль, Л. В. Отношение студентов технических направлений к онлайн-курсам в системе высшего образования / Л. В. Коваль // Проблемы социальных и гуманитарных наук. – 2020. – № 1(22). – С. 188-198. – EDN UQXRWQ.

25. Семенов, В. И. Массовые открытые онлайн курсы как новый формат образования / В. И. Семенов, Я. Н. Казанцева // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 6. – С. 150. – EDN YNXXST.

26. Виртуальные лабораторные работы при изучении курса "Материаловедение" / Я. А. Сексяева, Л. И. Попенова, Р. А. Лисовский, Л. В. Радионова // Научно-методический электронный журнал "Концепт". – 2015. – № Т13. – С. 2786-2790. – EDN TWCMXB.

27. Дубинский, Ф. С. Учебно-исследовательский тренажер-имитатор процессов сортовой прокатки / Ф. С. Дубинский, М. А. Соседкова, П. А. Мальцев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия:

Металлургия. – 2015. – Т. 15, № 2. – С. 120-125. – EDN TQIWTP.

28. Иванова, З. И. Учебные материалы с дополненной реальностью в высшем профессиональном образовании / З. И. Иванова // Балтийский гуманитарный журнал. – 2021. – Т. 10, № 1(34). – С. 130-134. – DOI 10.26140/bgз3-2021-1001-0029. – EDN NDDBIO.

29. Мальцев, А. А. Расчет в среде MathCAD динамических напряжений в опасном сечении вала шпинделя стана дуо-160 / А. А. Мальцев // Механическое оборудование металлургических заводов. – 2014. – № 3(3). – С. 64-70. – EDN TFOEWF.

30. Калиева, И. Б. Модернизация лабораторного прокатного стана Новотроицкого филиала НИТУ "МИСиС" / И. Б. Калиева, Д. Р. Ганин // Наука и производство Урала. – 2019. – № 15. – С. 38-41. – EDN UWJOWC.

31. "Профессионалитет" – экспериментальный проект: готовим конкурентоспособные кадры / Е. А. Гнатышина, Н. Ю. Корнеева, Д. Н. Корнеев, Н. В. Уварина // Молодежная политика и социальная миссия образования в эпоху глобализации и цифровизации: МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ И МОЛОДЕЖНОГО ФОРУМА, Челябинск, 06–08 апреля 2022 года. – Челябинск: ЗАО Библиотека А. Миллера, 2022. – С. 237-245. – EDN CRLBPN.

32. Листвин, А. А. Профессионалитет как механизм синхронизации системы среднего профессионального образования и рынка труда / А. А. Листвин, М. А. Гарт // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2022. – № 1(106). – С. 177-187. – DOI 10.23859/1994-0637-2022-1-106-15. – EDN AKCLIJ.

33. Лабораторный прокатный стан ДУО-130 / Л. В. Радионова, С. Р. Фаизов, Р. А. Лисовский [и др.] // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. – 2017. – Т. 5, № 4. – С. 46-50. – DOI 10.24892/RIJE/20170406. – EDN YPXPSQ.

DOI: 10.24892/RIJE/20230112

## Educational and Research Rolling Mill DUO-130

Radionova L.V.<sup>1,2</sup>, Lisovsky R.A.<sup>1,2</sup>, Faizov S.R.<sup>1</sup>, Lisovskaya T.A.<sup>1</sup>, Zaramenskikh S.E.<sup>1</sup>, Glebov L.A.<sup>1</sup>, Gromov D.V.<sup>1</sup>, Gasiyarova O.A.<sup>1</sup>, Bykov V.A.<sup>1</sup>, Korotovkikh V.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LLC NPP «Uchtekh-Profi»  
Chelyabinsk, Russian Federation

<sup>2</sup> LLC NTK «InTech»  
Moscow, Russian Federation

[radionovalv@rambler.ru](mailto:radionovalv@rambler.ru)

**Abstract.** The article is devoted to the description of the design and principle of operation of the rolling mill DUO-130 manufactured by LLC NPP «Uchtekh-Profi» (Chelyabinsk). The rolling mill is designed for laboratory and research work. The article gives a detailed description of the design features of the manufactured equipment. Distinctive features of this laboratory mill are small dimensions while maintaining the classical construction of the main line of the rolling stand. The mill automation system and the data acquisition system allow not only measuring and recording the rolling force, rolling speed and gap between the

rolls but also displaying the technological parameters of the process in the form of graphs and diagrams on the touch screen of the control panel. The article provides examples of the use of rolling mills by colleges and higher educational institutions in the educational process of the training of specialists in the field of metallurgy.

**Keywords:** rolling mill, DUO-130, laboratory equipment, metal forming, rolling, project «Professionality».