



**МОСКОВСКИЙ
ПОЛИТЕХ**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский политехнический университет»
(Московский Политех)

Б. Семеновская ул., д. 38, Москва, 107023
Тел. +7 495 223 05 23, Факс +7 499 785 62 24
www.mospolytech.ru | E-mail: mospolytech@mospolytech.ru
ОКПО 04350607, ОГРН 1167746817810,
ИНН/КПП 7719455553/771901001

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе,
к.т.н.

Антон Юрьевич Наливайко

« 23 » *января* 2026 г.
печать организации

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» на диссертационную работу Троицкого Даниила Владимировича на тему «Разработка алгоритма параметрического проектирования трёхвалковых клеток винтовой прокатки с применением методов компьютерного инжиниринга и автоматизированных систем», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением

Актуальность диссертационного исследования

Современное металлургическое машиностроение характеризуется высокой сложностью оборудования и жесткой конкуренцией, что требует постоянного сокращения сроков проектирования и снижения затрат. Традиционные подходы к разработке прокатных клеток, в частности трёхвалковых станов винтовой прокатки, отличаются высокой трудоемкостью, необходимостью ручных корректировок чертежей, что может привести к образованию ошибок, а также длительными сроками этапов разработки рабочего проекта и оформления документации.

В связи с этим тема диссертации, направленная на создание автоматизированного алгоритма параметрического проектирования, позволяющего в кратчайшие сроки переходить от технического задания к трехмерной модели и конструкторской документации, является безусловно актуальной. Тема работы

соответствует мировому тренду цифровой трансформации инжиниринга при создании оборудования для винтовой прокатки.

Анализ структуры и содержания диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, а также списка литературы из 103 источников. Работа изложена на 129 страницах, содержит 64 рисунка, 8 таблиц и 2 приложения.

Во введении обоснована актуальность темы, связанная с необходимостью сокращения трудоёмкости и повышения эффективности проектирования трёхвалковых клеток винтовой прокатки. Сформулированы цель и задачи исследования, приведены научная новизна, практическая значимость и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен детальный литературный обзор современных методов инжиниринга металлургического оборудования. Проведён анализ конструктивных особенностей трёхвалковых клеток станов винтовой прокатки, выявлены их достоинства и недостатки. Обоснован выбор концепции министанов с блочной компоновкой и фиксированными углами подачи и раскатки как наиболее рациональной для последующей параметризации.

Во второй главе обоснован выбор программной среды (Autodesk Inventor) и методологии параметрического моделирования (моделирование с явными ссылками и устойчивое моделирование). Разработана и автоматизирована методика построения валкового узла от очага деформации на основе методики виртуальных пережимов. Получены адаптивные геометрические схемы и параметрические модели бочки валка для углов раскатки 5–15°.

В третьей главе разработан общий алгоритм автоматизированного параметрического проектирования трёхвалковой клетки. Определены ключевые ограничения и факторы, влияющие на конструкцию. Реализована модульная архитектура алгоритма, включающая расчётный блок в среде Excel и проектный блок в Autodesk Inventor. Созданы параметрические модели валкового узла, нажимного устройства, уравнивающего механизма и станины закрытого типа. Для подшипниковых втулок разработана процедура параметрического прочностного расчёта, установлено влияние их геометрии на напряжённо-деформированное состояние.

В четвёртой главе проведена валидация разработанных моделей. Выполнены проверочные прочностные расчёты методом конечных элементов для трёх

типоразмеров клеток (10–30, 30–70, 60–160). Получены поля распределения напряжений, смещений и коэффициентов запаса прочности и установлено, что напряжения не превышают пределов текучести материалов, а минимальные коэффициенты запаса прочности соответствуют рекомендуемым значениям. Проведены стресс-тесты устойчивости модели при варьировании углов подачи (10–25°) и раскатки (5–15°).

В пятой главе выполнена оценка эффективности предложенных конструктивных решений. Проведено сравнение разработанных параметрических моделей с существующими аналогами, показавшее снижение массы клеток на 15–65 % и уменьшение условного объёма в 1,3–3,0 раза при повышении относительной металлоёмкости. Разработана технологическая схема перевалки валков, обеспечивающая сокращение простоев оборудования. Реализована автоматическая генерация конструкторской документации на основе преднастроенных шаблонов в соответствии с требованиями ГОСТ и ЕСКД.

В заключении сформулированы основные выводы по работе, подтверждающие достижение поставленной цели и решение основных задач исследования.

В приложениях приведены акты – внедрения результатов исследования.

Диссертационная работа изложена на достаточно высоком методическом и теоретико-экспериментальном уровне и обладает научной новизной и практической значимостью.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. В автореферате отражены основные идеи, решения и выводы диссертации, показан вклад автора в проведённое исследование, степень новизны и практическая значимость.

Научная новизна диссертационной работы

Диссертантом получены следующие наиболее важные результаты, отличающиеся научной новизной:

- поэтапный алгоритм автоматизированного параметрического проектирования трёхвалковой клетки винтовой прокатки, основанный на принципах модульности, масштабируемости и наследования. Алгоритм позволяет перестраивать модель в широком диапазоне технологических параметров (угол раскатки 5–15°, угол подачи 10–25°, диаметр заготовки 20–200 мм) без внесения изменений в чертежи деталей;

- трехмерная параметрическая модель рабочей клетки, адаптивно изменяющая свою геометрию и компоновку при варьировании исходных данных, что подтверждено стресс-тестами на устойчивость;
- зависимости геометрических параметров подшипниковых втулок от их прочностных характеристик, полученные с помощью совмещения параметризации и прочностного анализа с применением метода конечных элементов.
- скомпилированный обобщенный расчетный модуль (ПРМ на базе MS Excel), интегрированный с CAD-системой и автоматически рассчитывающий геометрию очага деформации, энергосиловые параметры, калибровку валков и прочность элементов.
- данные о напряженно-деформированном состоянии и статической прочности сборочных 3D-моделей клеток трех типоразмеров (10–30, 30–70, 60–160) с использованием метода конечных элементов.

Практическая значимость работы

- Сокращение времени определения основных параметрических зависимостей при проектировании оборудования рабочей клетки и проведения предварительных расчетов за счет применения программно-расчетного модуля.
- Полученная трехмерная параметрическая модель клетки позволяет использовать ее для оперативной разработки на стадии эскизного проектирования под требования технического задания и реализации концепции унификации конструкции для различных типоразмеров.
- Параметрическая пространственная модель валков может быть использована для оперативной подготовки сборочных моделей, используемых в программных комплексах для компьютерного моделирования.
- Разработана трехмерная модель и чертежи универсальной конструкции трехвалковой клетки, обладающей сравнительно низкой массой (уменьшение массы на 15–65 % по сравнению с существующими аналогами), габаритами, металлоёмкостью и удобством перевалки рабочих валков.
- Полученные результаты работы частично используются на кафедре ОМД НИТУ МИСИС для проведения практических занятий и лабораторных работ в учебном процессе по направлениям подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» и 22.03.02 «Металлургия», а также в курсовом

проектировании и при выполнении выпускных квалификационных работ студентов бакалавриата и магистратуры.

Рекомендации по дальнейшему использованию результатов работы

Полученные соискателем результаты работы можно рекомендовать к использованию в научно-исследовательских организациях, конструкторских бюро, инжиниринговых компаниях, научно-производственных предприятиях, которые используют в работе системы автоматизированного проектирования (САПР) и занимающихся проектированием и разработкой металлургического прокатного оборудования, в частности АО «Исток МЛ», ОАО «ЭЗТМ», ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина». Подходы к проектированию и исследованию напряженно-деформированного состояния конструкций винтовых прокатных станов могут быть использованы в учебном процессе.

Обоснованность и достоверность научных результатов

Обоснованность и достоверность основных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждена комплексом исследований и экспериментов, проведённых с использованием современных методов физического и компьютерного моделирования. Корректным использованием стандартных методов и методик, используемых при проектировании клеток винтовой прокатки.

Замечания по работе

По содержанию работы имеются замечания и вопрос:

1. В главе 4 выполнен статический прочностной расчет с определением коэффициента запаса прочности по пределу текучести. Однако для прокатного оборудования, работающего в режиме циклических нагрузок (валки и станины), желательно было бы также провести оценку по критерию усталостной прочности.
2. Недостаточно обоснован выбор материалов для деталей рабочей клетки. Например, для валка указана сталь 40Х, однако для тяжелых режимов прокатки возможно применение материалов с более высокими механическими характеристиками.
3. В работе приведены технические преимущества (снижение массы, времени проектирования), но нет количественной оценки экономического эффекта (например, снижение себестоимости проектирования, стоимости изготовления клетки).

4. Новизна разработок не подтверждена получением патентов и регистрацией в фонде алгоритмов и программ.

5. В работе встречаются стилистические погрешности и опечатки.

Указанные замечания носят рекомендательный и частный характер, не снижают ценности работы и не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку диссертационного исследования.

Заключение по работе

Диссертация Троицкого Даниила Владимировича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые научно обоснованные технологические и технические решения, имеющие существенное значение для развития отрасли машиностроения и металлургического оборудования. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Работа обладает внутренним единством и содержит новые научные результаты и положения, соответствующие паспорту научной специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением, по следующим пунктам: п. 6. «Методы оценки напряженного и деформированного состояния и способы увеличения жесткости, прочности и стойкости деформирующего инструмента», п. 7. «Оптимизация конструкций, разрабатываемых кузнечных, прессовых, штамповочных, прокатных и волочильных машин, их взаимосвязь со средствами автоматизации и механизации».

Содержание диссертационной работы изложено в 2 научных статьях, входящих и в базу Scopus, входящих в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук»

На основании изложенного выше, учитывая актуальность работы, научную новизну, практическую значимость, а также объем и уровень выполненных исследований, рассмотренная диссертация по теме «Разработка алгоритма параметрического проектирования трёхвалковых клеток винтовой прокатки с применением методов компьютерного инжиниринга и автоматизированных систем», соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», а её автор – Троицкий Даниил Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением.

Заключение принято на заседании кафедры «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии» ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет». Результаты голосования: «за» – 12, «против» – 0, «воздержались» – 0, протокол № 8 от «16» апреля 2026 года.

Отзыв составлен:

Профессор кафедры «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»

ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», д.т.н. (05.16.05 – Обработка металлов давлением), профессор

эл. почта: mromd@mail.ru

тел.: +79055356837

107023, г. Москва, ул. Б. Семеновская, д.38

Шаталов Роман Львович

Заведующий кафедрой «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии» ФГАОУ ВО «Московский

политехнический университет», к.т.н.

(научная специальность 05.02.09 –

Технологии и машины обработки давлением)

эл. почта: a.g.matveev@mospolytech.ru

тел.: +79263379556

107023, г. Москва, ул. Б. Семеновская, д.38

Матвеев Алексей Григорьевич

Лица, подписавшие отзыв, выражают согласие на включение своих персональных данных в аттестационное дело соискателя и их дальнейшую обработку.

Матвеева А.Г.
ПОДПИСЬ Матвеева А.Г. заверяю

