

## ОТЗЫВ

официального оппонента Сидельникова Сергея Борисовича  
на диссертацию Салихьяновой Екатерины Ильиничны  
«Разработка математической модели проектирования и оптимизации  
калибровки валков для прокатки швеллеров»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением

### 1. Актуальность

Разработке научных основ для проектирования калибровки валков применительно к сложным фасонным профилям посвящено множество работ. Наиболее известным и применяемым в настоящее время является подход, основанный на решении вариационных задач с использованием принципа минимума полной мощности, опубликованный в учебнике В.К. Смирнова, В.А. Шилова, Ю.В. Инатовича «Калибровка прокатных валков».

Е.И. Салихьянова в своей диссертации поставила и решила задачу по поиску оптимальной схемы калибровки и оптимального режима обжатий при прокатке стальных швеллеров. Эти исследования, несомненно, являются актуальными, так как позволяют не просто рассчитать калибровку валков для прокатки швеллеров, а выбрать наиболее оптимальный вариант ее применения.

Актуальность работы также подтверждается тем, что исследования проводились при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90246.

### 2. Структура и объем диссертации

Работа изложена на 212 страницах машинописного текста, включает введение, 4 главы, список литературы из 150 наименований и 7 приложений.

**Во введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы ее цели и задачи, показана теоретическая и практическая значимость работы.

**В первой главе** представлен литературно-патентный обзор данных по тематике исследований, на основании которого сформулированы цель и задачи исследования.

**Вторая глава** содержит описание основных положений предложенной автором универсальной «Концепции двухэтапной оптимизации калибровки», главной целью которой явилась формулировка общей методологии проектирования и оптимизации калибровок валков для производства стальных швеллеров. В соответствии с ней поиск оптимальной технологии прокатки проводится в два последовательных этапа, что позволили автору

упростить решение поставленных задач, а также учесть ряд особенностей работы промышленного прокатного стана. В работе приведена схема такой концепции, и ее реализации при выборе двухкритериальной модели.

**Третья глава** посвящена описанию математической модели проектирования и оптимизации калибровки прокатных валков для производства швеллеров, где в соответствии с принятой концепцией разработаны схемы и алгоритмы оптимизации по поиску оптимальной схемы калибровки и оптимального режима обжатий. Приведен перечень показателей эффективности калибровки, каждый из которых отражает одну из возможных целей оптимизации по качеству продукции и затратно-стоимостным показателям. Разработан алгоритм поиска значения целевой функции для каждой сгенерированной схемы калибровки и сформулировано правило выбора оптимальной схемы калибровки. Сформирован критерий оптимальности режимов обжатий и предложен принцип формирования целевой функции критерия оптимальности, интегрирующей частные показатели эффективности режима обжатий. С использованием исходных данных, ограничений и разработанных автором алгоритмов получена модель формирования оптимальной калибровки валков для прокатки стальных швеллеров определенного номера и типа для производства на конкретном прокатном стане.

**В четвертой главе** представлено практическое применение разработанной модели для поиска рациональной калибровки при прокатке швеллера №24У из стали марки СтЗкп, производимого на стане 800 в рельсобалочном цехе (РБЦ) АО «ЕВРАЗ НТМК» из непрерывнолитой заготовки.

Автором после анализа заводской калибровки предложена новая рациональная калибровка валков, разработанная на основе созданных алгоритмов оптимизации, применение которой позволит снизить затраты на электроэнергию и топливо, увеличить производительности стана и срок службы валков, а также снизить неравномерность деформации при прокатке. Это подтверждается актом об использовании результатов диссертационной работы, утвержденным дирекцией АО «ЕВРАЗ НТМК».

В заключении сформулированы основные результаты, полученные на основании решения комплекса задач, поставленных и решенных в работе при выполнении исследований.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и достаточно полно отражает ее основные положения.

Работа выполнена на основе системного подхода и современных методик, поэтому достоверность полученных в ней данных не вызывает сомнения.

### **3. Научная новизна**

На наш взгляд в качестве научной новизны диссертационной работы можно выделить следующее:

- разработана модель оптимизации калибровок валков для прокатки стальных швеллеров, позволяющая усовершенствовать схему калибровки и режим обжатый;
- формализованы основные типы и подтипы схем известных промышленных швеллерных калибровок и проведена классификация швеллерных калибров, на основе которых разработана модель формирования множества схем калибровок, допустимых для конкретного прокатного стана;
- предложена модель многоцелевой оптимизации калибровки валков для прокатки швеллеров, адаптируемая к текущей технико-экономической ситуации с учетом требований конкретного производства.

### **4. Теоретическая и практическая значимость результатов**

В качестве теоретической и практической значимости диссертационной работы можно выделить следующее:

- разработан новый вид швеллерного калибра, обеспечивающий уменьшение неравномерности деформации при прокатке;
- созданы алгоритмы формирования возможных схем швеллерных калибровок и возможных режимов обжатый, пригодные для программной реализации;
- разработана новая рациональная калибровка валков для прокатки швеллера 24У из стали марки СтЗкп на стане 800 РБЦ ОАО «ЕВРАЗ НТМК».

### **5. Апробация работы и публикация основных результатов**

Материалы исследования достаточно апробированы на научно-технических конференциях различного уровня и в научной печати. Основные результаты исследований опубликованы в 15 научных работах, в том числе 5 статьях в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендуемых ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, входящих в международную базу данных Scopus.

### **6. Замечания и вопросы по работе**

1. Считаю, что в автореферате необходимо было указать не только разработчиков методов оптимизации, но и ученых, создавших основы расчетов калибровок валков для фасонных профилей, как это сделано в диссертации на стр. 29 и 30. Тем более что автор использует их методики расчета при моделировании калибровки валков для прокатки швеллера 24У на стане 800 РБЦ ОАО «ЕВРАЗ НТМК».

2. На наш взгляд сформулированная автором цель работы повторяет ее название, на самом же деле целью является совершенствование технологии прокатки стальных швеллеров за счет применения оптимизации калибровки валков и обжатий.

3. Положения, выносимые на защиту (стр. 5 автореферата и 9 диссертации), должны содержать только фундаментальные основы диссертационной работы, а у автора это подробный перечень структур и моделей расчета.

4. Вызывает сомнение утверждение автора, что можно учесть все особенности при *разработке модели формирования множества схем калибровок, допустимых для конкретного прокатного стана* (стр. 4 автореферата), так как известно, что успешное проектирование рациональной калибровки валков для конкретного прокатного стана зачастую основывается на опыте работы заводского проектировщика, учитывающего факторы, которые характерны только для условий работы этого стана.

5. Отсутствует сравнение полученных данных расчета с данными заводской технологии и данными по методикам других авторов, поэтому судить об эффективности разработанной автором калибровки затруднительно.

6. Анализ расчетных и допустимых сил прокатки (табл. 4.9, 4.11, 4.25) показывает, что стан загружен только на 30-40 %. Так как автор ставит целью оптимизацию обжатий, целесообразно было бы ужесточить режимы обжатий, увеличив коэффициенты вытяжки, особенно в первых проходах.

7. Разработанные автором новый вид швеллерного калибра и программное обеспечение для оптимизации калибровок валков целесообразно было бы защитить патентом и свидетельствами, так как они, несомненно, обладают научной новизной

В качестве рекомендации хотелось бы отметить, что результаты исследований, приведенные в диссертации в виде алгоритмов и программного обеспечения для оптимизации технологии прокатки стальных швеллеров, целесообразно было бы внедрить в учебный процесс. Это существенно повысило бы качество обучения студентов и дало бы возможность использовать методики расчетов для применения на практике. Кроме того, научные основы подхода к оптимизации технологических процессов прокатки фасонных профилей можно было бы рекомендовать для разработки новых и совершенствовании действующих калибровок прокатных валков на металлургических предприятиях аналогичного профиля.

Указанные замечания и рекомендации не снижают научной ценности и практической значимости, полученных в диссертации результатов исследований, при этом некоторые из замечаний носят дискуссионный характер.

## 7. Заключение по работе

1. Диссертация Салихяновой Екатерины Ильиничны содержит научную новизну, обладает практической и теоретической значимостью и является законченной научно-квалификационной работой. Материалы диссертации достоверны, достаточно апробированы и опубликованы в научной печати.

2. Основные результаты исследований Салихяновой Е. И. направлены на совершенствование технологии прокатки стальных швеллеров за счет применения оптимизации калибровки валков и разработки научно-технических решений, их научным обоснованием и использованием, что, безусловно, имеет важное хозяйственное значение для всей экономики Российской Федерации.

3. Диссертационная работа Салихяновой Е. И. соответствует научной специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением, полностью удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, а ее автор, Салихянова Екатерина Ильинична, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением.

Выражаю согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Салихяновой Екатерины Ильиничны и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

профессор кафедры «Обработка металлов давлением» института цветных металлов Сибирского федерального университета, доктор технических наук, профессор, Заслуженный изобретатель РФ

Сидельников Сергей Борисович

Дата подписания отзыва: « 08 » 09 2023 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», 660025, г. Красноярск, пр. им. газеты «Красноярский рабочий», 95, ауд. 208, тел.: +7 (391) 206-37-31, e-mail: [sbs270359@yandex.ru](mailto:sbs270359@yandex.ru)

Подпись  
Делопроизвод.

« 08 » 09 20

