

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Мартынова Виталия Владимировича на диссертационную работу Таваевой Анастасии Фидагилевны на тему «Разработка методик расчета временных и стоимостных параметров процесса резки в системах автоматизированного проектирования управляющих программ для машин листовой лазерной резки с ЧПУ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 - Системы автоматизации проектирования (промышленность)

На отзыв представлена диссертационная работа, состоящая из введения, четырех глав с выводами, заключения, списка сокращений, списка литературы и четырех приложений, всего на 162 стр.

### 1. Актуальность темы диссертации

В диссертационной работе Таваевой А.Ф. исследованы вопросы повышения эффективности систем автоматизированного проектирования управляющих программ (УП) для оборудования листовой резки с ЧПУ, связанные с разработкой методик для точного расчета параметров целевых функций стоимости и времени резки в актуальных оптимизационных задачах проектирования маршрута резки деталей из листового материала. Также рассмотрены вопросы применения специальных техник резки листовых деталей при одновременном выполнении технологических ограничений термической резки, которые в настоящее время являются мало исследованными. Их решение позволяет существенно сократить время и стоимость процесса термической резки деталей на машинах с ЧПУ. Сформулированные и решенные в диссертационной работе задачи являются *актуальными* и представляют общетеоретический и очевидный практический интерес.

### 2. Анализ содержания диссертационной работы

Во введении дана общая характеристика работы, обоснована ее актуальность, представлены цель и задачи исследования, положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость результатов.

В первой главе автор приводит формализацию оптимизационных задач построения маршрута резки для машин листовой резки с ЧПУ, даются основные определения, описаны технологические особенности термической

резки. Приведен обзор методов оптимальной маршрутизации инструмента при проектировании УП для задачи минимизации длины холостого хода инструмента и для задач минимизации с целевой функцией, содержащей параметры числа точек врезки и длины холостых и рабочих перемещений инструмента.

Во второй главе разработаны новые методики расчета временных и стоимостных параметров процесса резки для оборудования лазерной резки с ЧПУ, а также приведено описание методик для построения маршрута резки с применением специальных техник резки.

Третья глава посвящена программной реализации разработанных во второй главе методик и алгоритмов в универсальной САПР «СИРИУС».

В четвертой главе приведены результаты применения разработанных методик и алгоритмов на практике. Приведен расчет экономической эффективности от внедрения результатов, полученных в работе. Результаты расчёта подтверждают эффективность применения разработанных методик для построения маршрута резки в САПР «СИРИУС», САПР «Bysoft» и «Tru Tops» при решении практических задач по сравнению с резкой «по замкнутому контуру». Расчет стоимости резки был выполнен с помощью специального разработанного программного модуля, обеспечивающего научно-обоснованный результат расчёта.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты работы.

В приложениях приведены акты внедрения, графики зависимостей фактических значений рабочей скорости режущего инструмента от количества кадров УП, раскройные карты и результаты расчета стоимости резки по сравнению с резкой «по замкнутому контуру».

Материалы диссертации изложены последовательно и логично, проиллюстрированы графиками, рисунками, схемами и таблицами, позволяющими оценить полученные результаты, текст написан в научном стиле и соответствует требованиям к научно-квалификационным работам.

Автореферат диссертации полностью соответствует ее содержанию и структуре.

### **3. Научная новизна полученных результатов**

В диссертационной работе получены следующие новые научные результаты:

1. Впервые разработана методика расчета параметров целевой функции стоимости в оптимизационной задаче построения маршрута резки деталей для лазерного оборудования с ЧПУ;
2. Впервые разработана методика для точного расчета рабочей скорости перемещения режущего инструмента в целевой функции времени резки в оптимизационной задаче построения маршрута резки. Получены формулы для вычисления фактических значений скорости, которые были реализованы в САПР «СИРИУС» для оптимизации маршрута инструмента по времени резки в автоматическом режиме с использованием точного и эвристического алгоритмов;
3. По разработанным методикам для целого ряда марок металлов различных толщин получены табличные значения стоимостных и временных констант в целевых функциях исследуемых оптимизационных задач с целью применения в САПР при разработке управляющих программ;
4. Разработаны новые методики построения маршрута резки для некоторых типовых для раскройно-заготовительного производства заготовок с использованием специальных техник резки. Реализация разработанных методик в САПР УП при построении маршрута резки позволяет уменьшать значения основных параметров резки и минимизировать значения целевых функций. При этом одновременно соблюдаются условия технологичности.

### **4. Степень обоснованности и достоверности научных положений, сформулированных в работе**

Достоверность полученных результатов, научных положений и выводов, изложенных в диссертации, подтверждаются результатами исследований,

приведенными в ряде публикаций. Опубликовано 18 научных работ, среди которых 10 статей в журналах, определенных ВАК и Аттестационным советом УрФУ, включая 6 статей в изданиях, индексируемых в международных базах WoS и Scopus, 8 работ опубликовано в других изданиях. Основные положения диссертации были представлены на международных и всероссийских научных конференциях и обсуждались в узкопрофессиональной среде специалистов. На основании результатов анализа состояния предметной области были сформулированы цель и задачи исследования. Исследования выполнены с использованием современного оборудования, программного обеспечения, полученные результаты обработаны с применением статистических методов и подтверждены экспериментально. Достоверность обеспечивается хорошим согласованием полученных результатов с экспериментальными данными.

#### **5. Практическая значимость результатов диссертационной работы**

Результаты диссертационной работы внедрены и используются на промышленных предприятиях Свердловской области в АО «ПО «УОМЗ», ЗАО «РЦЛТ», ООО «Уралинтех» при подготовке УП для технологического оборудования листовой резки с ЧПУ. Получены соответствующие акты внедрения. Практическая ценность полученных результатов состоит, прежде всего, в том, что реализация разработанных методик вычисления стоимостных и временных параметров целевых функций в САПР УП обеспечивает корректный результат вычисления целевых функций при поиске оптимального маршрута резки, при этом учитываются технологические особенности используемого оборудования с ЧПУ, режимы резания, эксплуатационные затраты. В рамках диссертационной работы разработанные методики были реализованы в подсистеме проектирования маршрута резки САПР «СИРИУС» в виде специальных функций с соблюдением условий технологичности термической резки. Результаты диссертационной работы также используются в образовательном процессе ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», на что представлен акт внедрения. Выпущено учебное электронное пособие «Автоматизация

проектирования раскроя листового материала и подготовка управляющих программ для машин с ЧПУ в САПР «СИРИУС»».

## 6. Замечания и вопросы по работе

1. В диссертации имеется ряд не совсем корректных утверждений, сложных для восприятия синтаксических конструкций, производственный сленг:

- на стр.20 и далее по работе "Инструмент перемещается по *эквилистанте* контура..". На самом деле Инструмент перемещается по квазиэквилистанте контура;

- на стр.22 "Совмещенный рез (рисунок 1.3) используется при резке заготовок, которые содержат *прямолинейные* отрезки в контуре.." утверждение также не совсем верно. Могут быть совмещены и криволинейные резы;

- на стр.94 делается вывод о том, что "..можно улучшить существующие решения по получению *оптимальных маршрутов* резки..". Если можно улучшить "оптимальный маршрут", то он таковым не является. В том случае, если речь идет об оптимизации по новой группе параметров, то это уже другая оптимизационная задача. В диссертации в 1.2 есть только постановка такой задачи, но конкретного метода ее решения не приведено;

- на стр.13 и др. "2. Методики и схемы построения маршрута.." - 45 слов в предложении. Сложно для восприятия;

- на стр. 31 и далее - "..все граничные *контур*а деталей.." (сленг);

2. На стр.85 диссертации говорится о программной реализации "..разработанных в Главе 2 методик и алгоритмов..", хотя алгоритмов в Главе 2 разработано не было. Только "стратегии", "методы", "способы", "схемы" и "последовательности" резки. Алгоритмы приведены в главе 3;

3. Представленные на стр.88 и 105 диссертации Алгоритмы (Рис.3.1 и 3.15) не однозначно соответствуют приведенным на стр. 89-92 и 104-106 их описаниям;

4. Не понятно, почему для вывода результата расчета общей стоимости резки в рублях (стр.118, Рис.4.7) используется 10 знаков после запятой. Также вызывает сомнение почти двукратное увеличение стоимости резки (и рабочего

хода) при  $V_{on}=var$  и неизменных остальных параметрах. Из табл.2.1 этого не следует (увеличение получается около -8%).

5. Разработанные в диссертации методики применения специальных техник резки ориентированы, в первую очередь, на использование мультиконтурной резки; при этом за рамками исследований остались вопросы эффективности применения техники совмещенного реза.

Отмеченные замечания и вопросы не ставят под сомнение высокую оценку диссертационной работы.

#### **7. Соответствие диссертации критериям Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ**

Содержание диссертации полностью соответствует поставленным задачам и подробно отражает последовательность их решения. Диссертация написана логичным, понятным языком, выводы и рекомендации изложены аргументировано. Диссертация Таваевой А.Ф. в полном объеме отвечает критериям, которые установлены Положением о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

#### **8. Заключение по диссертационной работе**

Диссертация Таваевой Анастасии Фидагилевны «Разработка методик расчета временных и стоимостных параметров процесса резки в системах автоматизированного проектирования управляющих программ для машин листовой лазерной резки с ЧПУ» является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, содержащей новые результаты, имеющие конкретное практическое применение. Диссертация изложена грамотным языком, характерным для научно-технических работ и имеет внутреннее единство. В работе логика изложения материала соответствует поставленным целям.

Диссертация в полной мере отвечает требованиям по актуальности работы, научной новизне, практической значимости, личному вкладу автора работы, апробации и отражению результатов в публикациях. В целом, диссертационная работа Таваевой А.Ф. по своей актуальности, новизне и

практической значимости вносит значительный вклад в разработку новых научно обоснованных решений для создания и повышения эффективности функционирования САПР УП для оборудования листовой резки с ЧПУ.

Оценивая диссертационную работу Таваевой Анастасии Фидагилевны, следует отметить, что она соответствует паспорту специальности 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования (промышленность) в части п. 1, 2 и 3 паспорта специальности, а также требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. На использованные в диссертации результаты других авторов, в том числе, полученные при проведении совместных исследований, в работе даны соответствующие ссылки. Личный вклад автора в диссертационную работу не вызывает сомнений. Основные результаты, обладающие научной новизной, представленные в диссертационной работе, получены лично автором или при его непосредственном участии. Личный вклад автора в работы, опубликованные в соавторстве, является преобладающим.

Считаю, что автор диссертации Таваева Анастасия Фидагилевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования (промышленность).

Даю согласие на обработку моих персональных данных.

Официальный оппонент, доктор технических наук (05.13.06), профессор, заведующий кафедрой экономической информатики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет».

Мартынов Виталий Владимирович

Адрес: 450008, Россия, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12,  
телефон: +7 (347)-273-08-22, e-mail: [yvmartynov@bk.ru](mailto:yvmartynov@bk.ru).



Подпись *Мартынова В.В.*  
Достоверно « 11 » 01 20 21 г.

отдела документационного обеспечения

*Татьяна Николаевна А.М.*